

ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS EN EL SECTOR DE CUTS

AUTORES Y REVISORES

Autores principales coordinadores

Gert-Jan Nabuurs (Países Bajos), N.H. Ravindranath (India), y Keith Paustian (Estados Unidos) Annette Freibauer (Alemania), William Hohenstein (Estados Unidos), y Willy Makundi (Tanzanía)

Autores principales

Harald Aalde (Noruega), Abdelazim Yassin Abdelgadir (Sudán), Anwar Sheikhattin Abdu Khalil (Bahrein), James Barton (Nueva Zelandia), Kathryn Bickel (Estados Unidos), Samsudin Bin-Musa (Malasia), Dominique Blain (Canadá), Rizaldi Boer (Indonesia), Kenneth Byrne (Irlanda), Carlos Cerri (Brasil), Lorenzo Ciccarese (Italia), David-Cruz Choque (Bolivia), Eric Duchemin (Canadá), Lucien Dja (Côte d'Ivoire), Justin Ford-Robertson (Nueva Zelandia), Wojciech Galinski (Polonia), Jean-Claude Germon (Francia), Héctor Ginzo (Argentina), Michael Gytarsky (Federación de Rusia), Linda Heath (Estados Unidos), Denis Loustau (Francia), Tijani Mandouri (Marruecos), Josef Mindas (Eslovaquia), Kim Pingoud (Finlandia), John Raison (Australia), Vladimir Savchenko (Belarús), Dieter Schöne (Naciones Unidas-FAO), Risto Sievanen (Finlandia), Kenneth Skog (Estados Unidos), Keith Smith (Reino Unido), y Deying Xu (China)

Autores colaboradores

Mark Bakker (Francia), Martial Bernoux (Francia/Brasil), Jagtar Bhatti (Canadá), Rich Conant (Estados Unidos), Mark Harmon (Estados Unidos), Yasuhiko Hirakawa (Japón), Toshiro Iehara (Japón), Moriyoshi Ishizuka (Japón), Esteban Jobbagy (Argentina), Jukka Laine (Finlandia), Marna van der Merwe (Sudáfrica), Indu K. Murthy (India), David Nowak (Estados Unidos), Steve Ogle (Estados Unidos), P. Sudha (India), Bob Scholes (Sudáfrica), y Xiaoquan Zhang (China)

Editores revisores

Sergio González-Martineaux (Chile), Anke Herold (Alemania), y Audun Rosland (Noruega)

Índice

3.1	INTRODUCCIÓN	3.11
3.1.1	Etapas del inventario y de la presentación de informes	3.11
3.1.2	Relaciones entre el presente capítulo y las categorías de notificación de las <i>Directrices del IPCC</i>	3.11
3.1.2.1	Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa.....	3.13
3.1.2.2	Conversión de bosques y praderas	3.13
3.1.2.3	Abandono de tierras agrícolas, pastos u otras tierras gestionadas	3.13
3.1.2.4	Emisiones y absorciones de CO ₂ de los suelos	3.14
3.1.2.5	Otras categorías de notificación y casos específicos	3.14
3.1.3	Definiciones de depósitos de carbono.....	3.14
3.1.4	Métodos generales	3.15
3.1.5	Niveles metodológicos.....	3.17
3.1.6	Elección del método	3.17
3.1.7	Notificación	3.21
3.1.8	Zonas climáticas genéricas	3.21
3.2	TIERRAS FORESTALES	3.23
3.2.1	Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	3.23
3.2.1.1	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva.....	3.24
3.2.1.2	Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta	3.33
3.2.1.3	Variación de las reservas de carbono en el suelo	3.39
3.2.1.4	Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO ₂	3.47
3.2.2	Tierras convertidas en tierras forestales.....	3.53
3.2.2.1	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva.....	3.54
3.2.2.2	Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta	3.59
3.2.2.3	Variación de las reservas de carbono en el suelo	3.63
3.2.2.4	Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO ₂	3.69
3.2.3	Exhaustividad	3.70
3.2.4	Elaboración de una serie temporal coherente.....	3.70
3.2.5	Presentación de informes y documentación.....	3.71
3.2.6	Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios	3.72
3.3	TIERRAS AGRÍCOLAS	3.74
3.3.1	Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	3.74
3.3.1.1	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva.....	3.75
3.3.1.2	Variación de las reservas de carbono en el suelo	3.79
3.3.1.3	Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO ₂	3.89

3.3.2	Tierras convertidas en tierras agrícolas.....	3.89
3.3.2.1	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva.....	3.90
3.3.2.2	Variación de las reservas de carbono en el suelo	3.97
3.3.2.3	Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO ₂	3.101
3.3.3	Exhaustividad	3.103
3.3.4	Elaboración de una serie temporal coherente.....	3.103
3.3.5	Presentación de informes y documentación.....	3.104
3.3.6	Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios	3.104
3.3.7	Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP para las emisiones/absorciones de C en suelos minerales, en tierras agrícolas (véase el Cuadro 3.3.4) ...	3.105
3.4	PRADERAS	3.112
3.4.1	Praderas que siguen siendo praderas.....	3.112
3.4.1.1	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva.....	3.113
3.4.1.2	Variación de las reservas de carbono en el suelo	3.119
3.4.1.3	Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO ₂	3.129
3.4.2	Tierras convertidas en praderas	3.129
3.4.2.1	Variación de las reservas de carbono en la biomasa	3.130
3.4.2.2	Variación de las reservas de carbono en el suelo	3.136
3.4.2.3	Gases de efecto invernadero distintos del CO ₂	3.140
3.4.3	Exhaustividad	3.141
3.4.4	Elaboración de una serie temporal coherente.....	3.142
3.4.5	Presentación de informes y documentación.....	3.142
3.4.6	Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) del inventario.....	3.142
3.4.7	Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP sobre la gestión de praderas	3.143
3.5	HUMEDALES	3.146
3.5.1	Humedales que siguen siendo humedales	3.146
3.5.2	Tierras convertidas en humedales	3.146
3.5.2.1	Variación de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba	3.147
3.5.2.2	Variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras anegadas (embalses)	3.151
3.5.3	Exhaustividad	3.152
3.5.4	Elaboración de una serie temporal coherente.....	3.152
3.5.5	Presentación de informes y documentación.....	3.152
3.5.6	Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios	3.153
3.6	ASENTAMIENTOS	3.154
3.6.1	Asentamientos que siguen siendo asentamientos.....	3.154
3.6.2	Tierras convertidas en asentamientos	3.154

3.7	OTRAS TIERRAS	3.156
3.7.1	Otras tierras que siguen siendo otras tierras.....	3.156
3.7.2	Tierras convertidas en otras tierras	3.156
3.7.2.1	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva.....	3.156
3.7.2.2	Variación de las reservas de carbono en el suelo	3.159
3.7.3	Exhaustividad	3.160
3.7.4	Elaboración de una serie temporal coherente.....	3.160
3.7.5	Presentación de informes y documentación.....	3.161
3.7.6	Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC)	3.161
Anexo 3A.1	Cuadros de valores por defecto de la biomasa para la Sección 3.2, Tierras forestales	3.162
Anexo 3A.2	Cuadros de notificación y hojas de trabajo	3.197
Apéndice 3a.1	Productos de madera recolectada: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro	3.266
Apéndice 3a.2	Emisiones de gases distintos del CO ₂ procedentes del drenaje y de la rehumidificación de los suelos forestales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro	3.284
Apéndice 3a.3	Humedales que siguen siendo humedales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro	3.288
Apéndice 3a.4	Asentamientos: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro	3.308
Referencias		3.314

Ecuaciones

Ecuación 3.1.1	Variación anual de las reservas de carbono en un depósito dado, en función de las ganancias y de las pérdidas.....	3.16
Ecuación 3.1.2	Variación anual de las reservas de carbono en un depósito dado	3.16
Ecuación 3.2.1	Emisiones o absorciones anuales en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.....	3.23
Ecuación 3.2.2	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (método por defecto).....	3.24
Ecuación 3.2.3	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (método de variación de reservas).....	3.24
Ecuación 3.2.4	Incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.....	3.26
Ecuación 3.2.5	Incremento anual medio de biomasa	3.26
Ecuación 3.2.6	Disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.....	3.27
Ecuación 3.2.7	Pérdida anual de carbono debida a talas comerciales	3.27
Ecuación 3.2.8	Pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña.....	3.27
Ecuación 3.2.9	Otras pérdidas anuales de carbono	3.28
Ecuación 3.2.10	Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	3.33
Ecuación 3.2.11	Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (Opción 1).....	3.34
Ecuación 3.2.12	Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (Opción 2).....	3.35
Ecuación 3.2.13	Variación anual de las reservas de carbono en detritus en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	3.36
Ecuación 3.2.14	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	3.42
Ecuación 3.2.15	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos forestales orgánicos drenados	3.43
Ecuación 3.2.16	Contenido de carbono orgánico del suelo.....	3.45
Ecuación 3.2.17	Emisiones directas de N ₂ O procedentes de bosques gestionados	3.48
Ecuación 3.2.18	Emisiones directas de N ₂ O procedentes de la fertilización de bosques	3.48
Ecuación 3.2.19	Estimación de las emisiones de gases distintos del CO ₂ a partir del C liberado.....	3.52
Ecuación 3.2.20	Estimación de los GEI liberados directamente en incendios	3.52
Ecuación 3.2.21	Variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras forestales	3.53
Ecuación 3.2.22	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales (Nivel 1)	3.54
Ecuación 3.2.23	Incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.54
Ecuación 3.2.24	Disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.55
Ecuación 3.2.25	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales (Nivel 2)	3.55
Ecuación 3.2.26	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas anualmente en tierras forestales.....	3.56

Ecuación 3.2.27	Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.60
Ecuación 3.2.28	Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta, en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.60
Ecuación 3.2.29	Variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.61
Ecuación 3.2.30	Variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.61
Ecuación 3.2.31	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.66
Ecuación 3.2.32	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales durante una forestación.....	3.67
Ecuación 3.2.33	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales.....	3.67
Ecuación 3.3.1	Variación anual de las reservas de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.....	3.75
Ecuación 3.3.2	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.....	3.80
Ecuación 3.3.3	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales para un solo sistema de tierras agrícolas.....	3.80
Ecuación 3.3.4	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.....	3.84
Ecuación 3.3.5	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.....	3.85
Ecuación 3.3.6	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas.....	3.86
Ecuación 3.3.7	Variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas.....	3.90
Ecuación 3.3.8	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas.....	3.92
Ecuación 3.3.9	Variación de las reservas de carbono por eliminación de la biomasa en una conversión de uso de la tierra.....	3.93
Ecuación 3.3.10	Pérdidas de carbono por quema de biomasa, en el lugar y fuera del lugar.....	3.93
Ecuación 3.3.11	Pérdidas de carbono procedentes de la descomposición de la biomasa.....	3.94
Ecuación 3.3.12	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras agrícolas.....	3.97
Ecuación 3.3.13	Emisiones anuales totales de N ₂ O procedentes de suelos minerales en tierras convertidas en tierras agrícolas.....	3.101
Ecuación 3.3.14	Emisiones de N ₂ O resultantes de la alteración asociada a la conversión de tierras forestales, praderas u otro tipo de tierras en tierras agrícolas.....	3.102
Ecuación 3.3.15	Nitrógeno anual liberado por mineralización neta de la materia orgánica del suelo como consecuencia de la alteración (basado en el C mineralizado del suelo).....	3.102
Ecuación 3.4.1	Variación anual de las reservas de carbono en praderas que siguen siendo praderas.....	3.113
Ecuación 3.4.2	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas.....	3.114
Ecuación 3.4.3	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas.....	3.114
Ecuación 3.4.4	Variación anual en la biomasa viva (metodología basada en las tasas).....	3.115

Ecuación 3.4.5	Variación anual en la biomasa viva (metodología basada en las diferencias)	3.115
Ecuación 3.4.6	Biomasa total	3.116
Ecuación 3.4.7	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en praderas que siguen siendo praderas	3.119
Ecuación 3.4.8	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales para un solo sistema de pradera	3.120
Ecuación 3.4.9	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en la totalidad de praderas que siguen siendo praderas.....	3.121
Ecuación 3.4.10	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados en praderas que siguen siendo praderas.....	3.122
Ecuación 3.4.11	Emisiones de carbono anuales procedentes del encalado con fines agrícolas	3.123
Ecuación 3.4.12	Variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en praderas	3.130
Ecuación 3.4.13	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas	3.132
Ecuación 3.4.14	Variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de biomasa durante la conversión del uso de la tierra	3.133
Ecuación 3.4.15	Pérdidas de carbono por quema de biomasa, en el lugar y fuera del lugar	3.133
Ecuación 3.4.16	Pérdidas de carbono por descomposición de la biomasa	3.133
Ecuación 3.4.17	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en praderas (TP)	3.136
Ecuación 3.5.1	Variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en humedales	3.147
Ecuación 3.5.2	Variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba	3.148
Ecuación 3.5.3	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba.....	3.148
Ecuación 3.5.4	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas para la extracción de turba.....	3.149
Ecuación 3.5.5	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto del drenaje de suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba	3.149
Ecuación 3.5.6	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras anegadas	3.151
Ecuación 3.6.1	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras forestales convertidas en asentamientos	3.154
Ecuación 3.7.1	Variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en “Otras tierras”	3.156
Ecuación 3.7.2	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en tierras convertidas en “Otras tierras”	3.157
Ecuación 3.7.3	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en tierras convertidas en “Otras tierras”	3.159

Figuras

Figura 3.1.1	Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se mantienen en la misma categoría de uso (en el ejemplo, tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, TFTF).....	3.19
Figura 3.1.2	Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se convierten en otra categoría de uso (ejemplo: tierras convertidas en tierras forestales, TFTF).....	3.20
Figura 3.1.3	Delimitación de las principales zonas climáticas, actualizadas con respecto a las <i>Directrices del IPCC</i>	3.22
Figura 3.2.1	Dos valores de carbono orgánico del suelo promediados en el tiempo correspondientes a diferentes combinaciones de suelos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración.....	3.41

Cuadros

Cuadro 3.1.1	Correspondencias entre las secciones del Capítulo 5 de las <i>Directrices del IPCC</i> de 1996 y las secciones del Capítulo 3 de la presente orientación	3.12
Cuadro 3.1.2	Definiciones de depósitos terrestres utilizadas en el Capítulo 3	3.15
Cuadro 3.1.3	Subcategorías de una sección de uso de la tierra dada	3.21
Cuadro 3.2.1	Valores por defecto actualizados de las reservas de carbono en detritus (en toneladas de C ha ⁻¹) y de los períodos de transición (en años).....	3.37
Cuadro 3.2.2	Valores por defecto actualizados de las tasas de mortalidad natural, de las reservas de madera muerta, y de la relación unidades vivas/unidades muertas	3.38
Cuadro 3.2.3	Valores por defecto del factor de emisión de carbono en forma de CO ₂ para suelos orgánicos drenados en bosques gestionados.....	3.44
Cuadro 3.2.4	Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS _{Ref})	3.45
Cuadro 3.2.5	Fuentes de incertidumbre en la estimación de las emisiones/absorciones de CO ₂ en suelos forestales y en depósitos de materia orgánica muerta.....	3.65
Cuadro 3.3.1	Descripción por niveles de las subcategorías de tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	3.75
Cuadro 3.3.2	Coefficientes por defecto para la biomasa boscosa sobre el suelo y los ciclos de recolección en sistemas de cultivo que contienen especies perennes.....	3.76
Cuadro 3.3.3	Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS _{Ref})	3.82
Cuadro 3.3.4	Factores relativos de variación de reservas (F _{UT} , F _{RG} y F _E) (más de 20 años) para diferentes actividades de gestión en tierras agrícolas.....	3.83
Cuadro 3.3.5	Factores de emisión (FE) anuales para suelos orgánicos cultivados.....	3.85
Cuadro 3.3.6	Descripción por niveles de las subcategorías de tierras convertidas en tierras agrícolas (TTA)	3.91
Cuadro 3.3.7	Valores por defecto de las reservas de carbono en la biomasa eliminadas por conversión de tierras en tierras agrícolas	3.95
Cuadro 3.3.8	Valores por defecto de las reservas de carbono presentes en la biomasa de tierras convertidas en tierras agrícolas en el año siguiente a la conversión	3.95
Cuadro 3.3.9	Factores de variación relativa de las reservas en el suelo (F _{UT} , F _{RG} y F _E) para tierras convertidas en tierras agrícolas	3.100
Cuadro 3.4.1	Descripción por niveles de las subcategorías de praderas que siguen siendo praderas.....	3.113

Cuadro 3.4.2	Estimaciones por defecto de la biomasa en pie en praderas (en forma de materia seca) y de la producción primaria neta sobre el suelo, clasificadas por zonas climáticas del IPCC.....	3.117
Cuadro 3.4.3	Factores de expansión por defecto (relaciones raíz-vástago [R:V]) para los principales ecosistemas de sabana/pastizales del mundo	3.118
Cuadro 3.4.4	Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm).....	3.126
Cuadro 3.4.5	Factores de variación relativa de las reservas para la gestión de las praderas [véanse en la Sección 3.4.7 los métodos utilizados para estimar los factores de variación de las reservas]	3.127
Cuadro 3.4.6	Factores de emisión (FE) anuales para los suelos orgánicos en praderas gestionadas.....	3.127
Cuadro 3.4.7	Descripción por niveles de las subcategorías de tierras convertidas en praderas.....	3.131
Cuadro 3.4.8	Valores por defecto de las reservas de carbono de la biomasa absorbidas por efecto de la conversión de tierras en praderas.....	3.134
Cuadro 3.4.9	Valores por defecto de las reservas de carbono en la biomasa presentes en tierras convertidas en praderas	3.135
Cuadro 3.4.10	Factores relativos de variación de las reservas en el suelo para la conversión de tierras en praderas.....	3.139
Cuadro 3.5.1	Secciones y apéndices Referencias sobre las principales emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de humedales gestionados	3.146
Cuadro 3.5.2	Factores de emisión e incertidumbre asociada en suelos orgánicos después del drenaje.....	3.150

Recuadros

Recuadro 3.1.1	Estructura de niveles metodológicos en la Orientación sobre las buenas prácticas	3.17
Recuadro 3.2.1	Suelos orgánicos, turberas y humedales.....	3.40
Recuadro 3.3.1	<i>Buena práctica</i> para la obtención de factores de emisión específicos del país	3.103

3.1 INTRODUCCIÓN

El Capítulo 3 contiene orientaciones para estimar las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ en el sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), que abarcan el Capítulo 5 de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (*Directrices del IPCC*).

El presente capítulo aporta dos importantes mejoras:

- i) introduce tres niveles metodológicos jerárquicos, que abarcan desde la utilización de datos por defecto y de ecuaciones simples hasta la utilización de datos y modelos específicos del país para adaptarse a las circunstancias nacionales. Si se aplica adecuadamente, esta estructura de niveles metodológicos reduce sucesivamente la incertidumbre y mejora la exactitud;
- ii) utiliza las categorías de uso de la tierra (del Capítulo 2) para organizar las metodologías y para facilitar: a) la transparencia en los informes; b) la asociación de los depósitos de carbono sobre el suelo y bajo el suelo (en los niveles superiores) permitiendo, al mismo tiempo, establecer comparaciones con los informes relativos a las *Directrices del IPCC*.

Las metodologías expuestas en la presente orientación están organizadas por categorías de uso de la tierra (seis secciones), por depósitos aproximados de carbono y de gases distintos del CO₂ y por niveles metodológicos, y son coherentes con los restantes capítulos.

3.1.1 Etapas del inventario y de la presentación de informes

Se indica a continuación la secuencia general de etapas a seguir para inventariar y notificar las emisiones y absorciones. Sería una *buena práctica* que los países se atuvieran a esas etapas y a las indicadas en cada sección del presente capítulo para estimar las emisiones y absorciones:

- i) basándose en los tres procedimientos de representación de zonas del Capítulo 2, hacer una estimación de las superficies de tierra para cada categoría de uso de la tierra en el período de tiempo deseado;
- ii) realizar una evaluación por categorías esenciales en relación con el sector de UTCUTS ateniéndose a las orientaciones de los Capítulos 3 y 5. Para cada categoría esencial, determinar los depósitos de carbono y de gases distintos del CO₂ que se consideran importantes, y asignarles prioridades en términos de metodologías preferibles;
- iii) asegurarse de que los factores de emisión y de absorción y los datos de actividad necesarios corresponden al nivel apropiado;
- iv) cuantificar las emisiones y absorciones, y estimar la incertidumbre de cada estimación, con arreglo al Capítulo 5 y a los datos específicos del sector indicados en dicho capítulo;
- v) mediante los cuadros de notificación, comunicar los valores estimados de emisión y de absorción. Cuando proceda, se utilizarán las hojas de trabajo (véase el Anexo 3A.2);
- vi) documentar y archivar toda la información utilizada para producir las estimaciones de las emisiones y absorciones a nivel nacional, con arreglo a instrucciones específicas para cada categoría de uso de la tierra, depósito de carbono, fuente de gases distintos del CO₂, y cambio de uso de la tierra;
- vii) efectuar comprobaciones de control de la calidad, y verificar y revisar por otros expertos las estimaciones de las emisiones, con arreglo a orientaciones específicas para cada categoría de uso de la tierra, depósito, o gas distinto del CO₂ (véase también el Capítulo 5, que contiene orientaciones generales).

3.1.2 Relaciones entre el presente capítulo y las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC*

El Capítulo 3 está dividido en seis secciones, que corresponden a las distintas categorías de uso de la tierra; cada sección se divide a su vez en dos subsecciones, en función de la situación y del historial reciente de cada uso de las tierras.

- La primera subsección se refiere a las tierras que, desde el comienzo hasta el final de un período de inventario, están destinadas a un mismo uso.
- La segunda subsección se refiere a las conversiones de tierras para destinarlas al uso contemplado en la sección.

En el Cuadro 3.1.1 se indican las secciones y subsecciones del presente capítulo y sus relaciones con las *Directrices del IPCC*. Se sientan con ello las bases para una comparación que se describirá en detalle más adelante.

CUADRO 3.1.1			
CORRESPONDENCIAS ENTRE LAS SECCIONES DEL CAPÍTULO 5 DE LAS <i>DIRECTRICES DEL IPCC</i> DE 1996 Y LAS SECCIONES DEL CAPÍTULO 3 DE LA PRESENTE ORIENTACIÓN			
Uso de la tierra en el período inicial	Uso de la tierra en el año de notificación (año en curso)	Subsección del Capítulo 3¹	<i>Directrices del IPCC</i>²
Tierras forestales	Tierras forestales	3.2.1	5 A
Tierras agrícolas	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Praderas	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Humedales	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Asentamientos	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Otras tierras	Tierras forestales	3.2.2	5 A, 5 C, 5 D
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas	3.3.1	5 A, 5 D
Tierras forestales	Tierras agrícolas	3.3.2	5 B, 5 D
Praderas	Tierras agrícolas	3.3.2	5 B, 5 D
Humedales	Tierras agrícolas	3.3.2	5 D
Asentamientos	Tierras agrícolas	3.3.2.	5 D
Otras tierras	Tierras agrícolas	3.3.2.	5 D
Praderas	Praderas	3.4.1	5 A, 5 D
Tierras forestales	Praderas	3.4.2	5 B, 5 D
Tierras agrícolas	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Humedales	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Asentamientos	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Otras tierras	Praderas	3.4.2	5 C, 5 D
Humedales	Humedales	3.5.1	5 A, 5 E
Tierras forestales	Humedales	3.5.2	5 B
Tierras agrícolas	Humedales	3.5.2	5 E
Praderas	Humedales	3.5.2	5 B
Asentamientos	Humedales	3.5.2	5 E
Otras tierras	Humedales	3.5.2	5 E
Asentamientos	Asentamientos	3.6.1	5 A
Tierras forestales	Asentamientos	3.6.2	5 B
Tierras agrícolas	Asentamientos	3.6.2	5 E
Praderas	Asentamientos	3.6.2	5 B
Humedales	Asentamientos	3.6.2	5 E
Otras tierras	Asentamientos	3.6.2	5 E
Otras tierras	Otras tierras	3.7.1	5 A
Tierras forestales	Otras tierras	3.7.2	5 B
Tierras agrícolas	Otras tierras	3.7.2	5 E
Praderas	Otras tierras	3.7.2	5 B
Humedales	Otras tierras	3.7.2	5 E
Asentamientos	Otras tierras	3.7.2	5 E

¹ Incluye suelos y biomasa; los datos en negritas representan la "conversión de bosques y de praderas" de las *Directrices del IPCC*.

² Las *Directrices del IPCC* abarcan las categorías siguientes: 5 A Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa; 5 B Conversión de bosques y praderas; 5 C Abandono de tierras gestionadas; 5 D Emisiones y absorciones en el suelo; y 5 E Otras (Reporting Instructions, págs. 1.14 a 1.16)

3.1.2.1 VARIACIONES DE LAS RESERVAS EN LOS BOSQUES Y EN OTRA BIOMASA BOSCOsa

Al igual que en las *Directrices del IPCC*, en la *Orientación sobre las buenas prácticas* se aborda el tema de los bosques gestionados, que pueden definirse como sigue:

La gestión forestal es el proceso de planificación y aplicación de prácticas de cuidado y uso de los bosques para la realización de funciones ecológicas, económicas y sociales de orden forestal... Un bosque gestionado es un bosque sometido a gestión forestal¹

Esta definición implica que los bosques gestionados están sujetos a intervenciones humanas periódicas o continuas, y a todo tipo de prácticas de gestión, desde la producción comercial de madera hasta la protección para fines no comerciales. En la Sección 3.2.1 se examina el tema de las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. La gestión y conversión de bosques se aborda en la Sección 3.2.2, Tierras convertidas en tierras forestales.

En la sección sobre tierras forestales se ofrecen orientaciones con respecto a todos los depósitos de carbono y gases distintos del CO₂, a excepción de los productos de madera recolectada (PMR). Las *Directrices del IPCC* contienen referencias al tratamiento de los PMR, y los países que deseen estimar las variaciones del carbono almacenado en el depósito de productos de madera recolectada encontrarán sugerencias metodológicas en el Apéndice 3a.1. En las *Directrices del IPCC* se examina sucintamente el tema "Otras reservas de biomasa boscosa", referente por ejemplo a la biomasa perenne de las tierras de cultivo y de pastoreo, así como a los árboles de las zonas urbanas. En la *Orientación sobre las buenas prácticas*, esto se explica en las secciones sobre "Variaciones de los depósitos de carbono en la biomasa". Las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa boscosa perenne se aborda en las correspondientes secciones sobre biomasa para cada categoría de uso de la tierra. Los árboles urbanos son el tema de la Sección 3.6 y del Apéndice 3a.4.

3.1.2.2 CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

En las *Directrices del IPCC*, la sección sobre conversión de bosques y praderas versa sobre la conversión de los bosques y praderas naturales para destinarlos a otros usos de la tierra, como el cultivo. Mediante la tala de los bosques, las tierras que éstos ocupan pueden convertirse para muchos otros usos, aunque una de las finalidades más habituales es su conversión en pastos y tierras de cultivo, que constituía el tema principal de las *Directrices del IPCC*, con especial atención a la variación del carbono en los depósitos de biomasa. En la presente *Orientación* se examina de manera sistemática la conversión del uso de las tierras, clasificada por usos finales. En cada sección se ofrecen orientaciones bajo el epígrafe "Tierras convertidas en otras categorías de uso de la tierra", y por separado para la variación de todos los depósitos de carbono.

Puede obtenerse una estimación resumida de la conversión de bosques o praderas para destinarlos a otros usos sumando las distintas conversiones de esas categorías en usos pertenecientes a otra categoría. Para las emisiones y absorciones de CO₂ vinculadas a la conversión de bosques, ese total puede obtenerse sumando las Ecuaciones 3.3.7, 3.4.12, 3.5.1, 3.6.1, y 3.7.1, correspondientes a la conversión de tierras forestales en cada una de las categorías. De modo semejante, para la conversión de praderas el total puede obtenerse sumando esas mismas ecuaciones respecto de la conversión de praderas. Es una *buen práctica* estimar y notificar por separado la suma de todas las conversiones de tierras forestales (deforestación) y de las conversiones de praderas para otros usos finales de la tierra. Con tal fin, en el Anexo 3A.2 se incluye un cuadro de notificación (Cuadro 3A.2.1B).

3.1.2.3 ABANDONO DE TIERRAS AGRÍCOLAS, PASTOS U OTRAS TIERRAS GESTIONADAS

Las *Directrices del IPCC* se ocupan principalmente de las tierras que reacumulan carbono en la biomasa a medida que retornan a un estado cuasinatural tras su abandono o reforestación activa. Sin embargo, las tierras pueden también mantenerse constantes o seguir degradándose en términos de reacumulación de carbono.

Las tierras agrícolas y las praderas pueden ser abandonadas o convertidas activamente para diversos usos de la tierra, afectando con ello a la variación neta del carbono de la biomasa. Por ello, las orientaciones para estimar las variaciones en la biomasa están referidas a diversos lugares, en función del tipo de uso a que se destinen las tierras. Los diversos tipos de transición de uso de la tierra pueden agregarse para obtener una evaluación totalizada de la variación del carbono como consecuencia del abandono de tierras de cultivo, pastos u otras tierras gestionadas, como se indica en el Cuadro 3.1.1.

¹ Actas de la reunión de expertos sobre la armonización de definiciones relacionadas con los bosques, Roma, septiembre de 2002 (FAO, 2003).

3.1.2.4 EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂ DE LOS SUELOS

En las *Directrices del IPCC* este tema se subdivide en: a) Cultivo de suelos minerales; b) Cultivo de suelos orgánicos; y c) Encalado de suelos agrícolas. En este capítulo, cada sección sobre los usos de la tierra está dedicada, por lo general, a las variaciones del carbono del suelo para un uso de la tierra cuando éste no ha cambiado o cuando las tierras han sido recientemente convertidas.

Las orientaciones para estimar la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto de las prácticas de gestión se examinan en los apartados "Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas" y "Praderas que siguen siendo praderas", ambos en la subsección titulada "Variación de las reservas de carbono en el suelo", y se ofrecen por separado para los suelos minerales y orgánicos. En las subsecciones dedicadas a la conversión se examina asimismo la variación de las reservas de carbono en el suelo como consecuencia de la conversión de tierras en tierras agrícolas o praderas. Puede obtenerse una evaluación total de las variaciones de las reservas de carbono en el suelo por efecto del cultivo de suelos minerales sumando las variaciones de las reservas de carbono a lo largo de un período finito después de los cambios de gestión que afecten al carbono de los suelos.

El drenaje de los suelos de turbera para la creación de bosques se examina en la sección sobre "Suelos de tierras forestales". Todas las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de humedales que siguen siendo humedales figuran en el Apéndice 3a.3. El cultivo de suelos orgánicos para la extracción de turba se examina a propósito de las tierras convertidas para la extracción de turba, en la Sección 3.5.

Las orientaciones metodológicas sobre el encalado de suelos agrícolas se examinan del mismo modo que en las *Directrices del IPCC*.

3.1.2.5 OTRAS CATEGORÍAS DE NOTIFICACIÓN Y CASOS ESPECÍFICOS

En las *Directrices del IPCC* se exponen sucintamente cuestiones generales y modalidades metodológicas en relación con otras categorías. Las cuestiones suelen ser complejas, y cuando se prepararon las *Directrices del IPCC* no se disponía de metodologías comúnmente acordadas. En este capítulo se examinan con mayor detalle algunas de esas categorías. En el epígrafe "Otras categorías posibles" se incluyen explícitamente en las *Directrices del IPCC* la biomasa bajo el suelo, las perturbaciones naturales (incluidos los incendios), los cambios de cultivo, y el anegamiento y drenado de humedales. La información para estimar las emisiones y absorciones de CO₂ y las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de humedales gestionados (incluidas las turberas y las tierras anegadas), así como de asentamientos que lo siguen siendo, se incluye en los Apéndices 3a.3 y 3a.4, respectivamente, ya que los métodos y los datos disponibles acerca de esos tipos de uso de la tierra son preliminares. En la sección sobre las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa forestal (Secciones 3.2.1.1 y 3.2.2.1) se indican explícitamente métodos para estimar la biomasa bajo el suelo, y en otras secciones se indican también posibles maneras de incluir la biomasa bajo el suelo en los usos de tierras no forestales. Las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes del drenado y la rehumidificación de suelos forestales se examinan en el Apéndice 3a.2.

La *Orientación sobre las buenas prácticas* no altera los supuestos básicos por defecto en virtud de los cuales los cambios de uso de la tierra producen un efecto lineal en la materia orgánica del suelo durante 20 años antes de alcanzar un nuevo equilibrio (Nivel 1), con posibles sucesiones de períodos de 20 años para tener en cuenta las constantes de tiempo más prolongadas en las zonas templada y boreal. Ello significa que, cuando cambie el uso de una extensión de tierra, se examinará su evolución en ese nuevo estado durante 20 años, notificando cada año 1/20 de sus efectos sobre el CO₂ y sobre los gases distintos del CO₂. Los modelos del Nivel 3 pueden basarse en supuestos diferentes. Las tierras se notificarán como adscritas a cierta categoría de conversión durante 20 años, para posteriormente trasladarlas a una "categoría de estado constante", a menos que haya un nuevo cambio.

Las perturbaciones naturales (por ejemplo, tormentas, incendios, insectos, aunque sólo en tierras gestionadas) se incluyen en la medida en que afectan al CO₂ y a los gases distintos del CO₂. Cuando una perturbación natural en tierras no gestionadas vaya seguida de un cambio de uso de la tierra, habrá que notificar los efectos de tal perturbación sobre el CO₂ y sobre los gases distintos de CO₂.

3.1.3 Definiciones de depósitos de carbono

Las metodologías indicadas en el presente informe están organizadas en primer lugar por categorías de uso de la tierra, tal como se ha indicado, y en segundo lugar por depósitos aproximados. En el Cuadro 3.1.2 se ofrece una representación genérica de tales depósitos para un ecosistema terrestre. Cada uno de esos depósitos se examina en las *Directrices del IPCC*, aunque en algunos casos las orientaciones ofrecidas son mínimas.

CUADRO 3.1.2
DEFINICIONES DE DEPÓSITOS TERRESTRES UTILIZADAS EN EL CAPÍTULO 3

Depósito ²		Descripción (véanse también las notas en cursiva al final del cuadro)
Biomasa viva	Biomasa sobre el suelo	Toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, con inclusión de tallos, tocones, ramas, corteza, semillas y follaje. Nota: Cuando el sotobosque es un componente relativamente pequeño del depósito de carbono de biomasa sobre el suelo se puede excluir de las metodologías y datos asociados utilizados en algunos niveles, siempre y cuando los niveles se utilicen de manera coherente en todas las series cronológicas de inventarios, según se especifica en el Capítulo 5.
	Biomasa bajo el suelo	Toda la biomasa viva de raíces vivas. A veces se excluyen raíces finas de menos de (sugerido) 2mm de diámetro porque con frecuencia no se pueden distinguir empíricamente de la materia orgánica del suelo o mantillo.
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Comprende toda la biomasa boscosa no viva no contenida en el mantillo, ya sea en pie, superficial o en el suelo. La madera muerta comprende la que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones de 10 cm de diámetro o más o de cualquier otro diámetro utilizado por el país.
	Mantillo	Comprende toda la biomasa no viva con un diámetro inferior a un diámetro mínimo elegido por el país (por ejemplo, 10 cm), que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Comprende las capas de detritus, fúmica y húmica. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen en el mantillo cuando no se pueden distinguir empíricamente de él.
Suelos	Madera orgánica del suelo	Comprende el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluida la turba) a una profundidad especificada elegida por el país y aplicada coherentemente mediante las series cronológicas. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no pueden distinguirse empíricamente de ella.

Nota: Las circunstancias de cada país pueden obligar a modificar ligeramente las definiciones de depósito aquí utilizadas. Cuando se utilicen definiciones modificadas, es una buena práctica notificarlas claramente, para asegurarse de que las definiciones modificadas se utilizan de manera coherente a lo largo del tiempo, y para demostrar que los depósitos no son omitidos ni objeto de doble cómputo.

3.1.4 Métodos generales

El Capítulo 3 utiliza las mismas líneas metodológicas básicas que las *Directrices del IPCC*. Como se indica en las *Directrices del IPCC*:

La metodología está fundamentada en dos ideas mutuamente vinculadas: i) se presupone que el flujo de CO₂ hacia la atmósfera o desde ella es igual a la variación de las reservas de carbono en la biomasa y el suelo existentes, y ii) es posible estimar la variación de las reservas de carbono estableciendo en primer lugar las tasas de cambio de uso de la tierra y la práctica utilizada para llevar a efecto ese cambio (por ejemplo, quema, corta, tala selectiva, etc.). En segundo lugar, se utilizan supuestos o datos simples sobre su efecto en las reservas de carbono y la respuesta biológica a un uso de la tierra dado.

La variante de primer orden precedentemente descrita constituye el fundamento de las metodologías básicas expuestas en el presente capítulo para calcular la variación de los depósitos de carbono. El método puede generalizarse y aplicarse a todos los depósitos de carbono (es decir, a la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, a la madera muerta, a los detritus y a los suelos), convenientemente subdivididos para reflejar las diferencias entre ecosistemas, zonas climáticas y prácticas de gestión. La Ecuación 3.1.1 ilustra la línea metodológica general para estimar la variación de las reservas de carbono, basándose en las tasas de pérdida y de ganancia de carbono por superficie de uso.

² El supuesto utilizado por defecto en las *Directrices del IPCC* consiste en que el carbono absorbido de la biomasa de madera y de otros tipos de biomasa forestal se oxida en el año de la absorción. Los países pueden informar sobre sus depósitos de PMR si son capaces de documentar que las reservas de productos forestales están, de hecho, aumentando. En el Apéndice 3a.1 se ofrecen orientaciones para los países e información que podría ser de utilidad en el desarrollo futuro de metodologías, a reserva de las decisiones que adopte la CMCC.

En la mayoría de las aproximaciones de primer orden, los "datos de actividad" están expresados en términos de superficie de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra. La orientación genérica consiste en multiplicar los datos de actividad por un coeficiente de reservas de carbono o "factor de emisión", para obtener las estimaciones de la fuente o del sumidero. Se ofrecen orientaciones respecto de todos los depósitos de carbono útiles y respecto de los distintos cambios de uso de la tierra. Se abordan sistemáticamente todos y cada uno de los posibles cambios de uso de la tierra, y se indican los períodos de transición aplicables por defecto.

ECUACIÓN 3.1.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN UN DEPÓSITO DADO, EN FUNCIÓN DE LAS GANANCIAS Y DE LAS PÉRDIDAS

$$\Delta C = \sum_{ijk} [S_{ijk} \bullet (C_G - C_P)_{ijk}]$$

Donde:

ΔC = variación de las reservas de carbono en el depósito, en toneladas de C año⁻¹

S = superficie de tierra, en ha

ijk = corresponde al tipo de clima i , al tipo de bosque j , a la práctica de gestión k , etc...

C_G = tasa de ganancia de carbono, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

C_P = tasa de pérdida de carbono, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

En las *Directrices del IPCC* se ofrece un método alternativo, según el cual las reservas de carbono se miden en dos momentos diferentes para evaluar la variación de las reservas de carbono. La Ecuación 3.1.2 ilustra el planteamiento genérico utilizado para estimar la variación de las reservas de carbono por ese método. Este planteamiento se ofrece como opción en algunos casos, en el presente capítulo.

ECUACIÓN 3.1.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN UN DEPÓSITO DADO

$$\Delta C = \sum_{ijk} (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)_{ijk}$$

Donde:

C_{t_1} = reservas de carbono en el depósito en el momento t_1 , en toneladas de C

C_{t_2} = reservas de carbono en el depósito en el momento t_2 , en toneladas de C

Aunque a nivel nacional la notificación de las fuentes y sumideros debe hacerse anualmente, ello no significa que haya que realizar todos los años un inventario de todos los depósitos a nivel nacional, ya que los inventarios pueden hacerse por ciclos de cinco a diez años y posteriormente interpolar datos. En el Capítulo 5 se ofrecen sugerencias sobre la manera de refundir fuentes de datos mediante interpolación y extrapolación.

En el capítulo sobre agricultura (Capítulo 4) de las *Directrices del IPCC* y de las partes correspondientes de la *OBP2000* se examinan varias fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO₂ procedentes del uso de la tierra. En el Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000* se examinan las emisiones de CH₄ y de N₂O procedentes de la quema de sabanas y de residuos agrícolas, las emisiones directas e indirectas de N₂O provenientes de suelos agrícolas, y las emisiones de CH₄ provenientes de la producción de arroz. En el Capítulo sobre desechos de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000* se ofrecen orientaciones sobre las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la fracción de biomasa de los desechos evacuados en instalaciones de evacuación de desechos sólidos o incinerados.

En la presente *orientación sobre las buenas prácticas* se ofrece información adicional sobre la manera de aplicar y ampliar el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000* a las siguientes categorías adicionales de uso de la tierra y de cambio de uso de la tierra:

- gases distintos de CO₂ (N₂O y CH₄) procedentes de incendios forestales (Sección 3.2.1.4);
- N₂O procedente de bosques gestionados (fertilizados) (Sección 3.2.1.4);
- N₂O procedente del drenaje de suelos forestales (Apéndice 3a.2);
- N₂O y CH₄ procedentes de humedales gestionados (Apéndice 3a.3); y
- emisiones de N₂O del suelo tras una conversión de uso de la tierra (Secciones 3.3.2.3 y 3.4.2.3).

3.1.5 Niveles metodológicos

En este capítulo se ofrecen a los usuarios tres niveles metodológicos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero para cada fuente. Los niveles corresponden a una progresión que va desde la

utilización de ecuaciones simples con datos por defecto hasta la utilización de datos específicos de países³ en sistemas nacionales más complejos. En el Recuadro 3.1.1 se describen sucintamente tres niveles generales. Los niveles conllevan implícitamente una progresión de menor a mayor nivel de certidumbre en las estimaciones, en función de la complejidad metodológica, de la especificidad regional de los parámetros de los modelos, y de la resolución espacial y amplitud de los datos de actividad. Se ofrecen orientaciones completas para aplicar el Nivel 1. Con independencia del nivel que se utilice, los países deberían documentar los niveles utilizados para diversas categorías y depósitos, así como los factores de emisión y los datos de actividad utilizados para preparar la estimación. En niveles superiores podría ser necesario que los organismos encargados de los inventarios proporcionen documentación adicional en apoyo de las decisiones de utilizar metodologías más sofisticadas o parámetros definidos por los países. Por lo general, para pasar de un nivel a otro superior será necesario aumentar los recursos y dotarse de capacidad institucional y técnica.

RECUADRO 3.1.1

ESTRUCTURA DE NIVELES METODOLÓGICOS EN LA ORIENTACIÓN SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS

El **Nivel 1** se fundamenta en la utilización del método básico expuesto en las *Directrices del IPCC* (Libro de trabajo) y de los factores de emisión por defecto que figuran en las *Directrices del IPCC* (Libro de trabajo y Manual de referencia), actualizados en el presente capítulo. Para algunos usos de la tierra y depósitos solamente mencionados en las *Directrices del IPCC* (es decir, a los que se atribuyó por defecto un valor cero para las emisiones o absorciones), el presente informe contiene información actualizada en aquellos casos en que se dispone de nueva información científica. Las metodologías del Nivel 1 suelen utilizar datos de actividad a escala espacial gruesa, por ejemplo, estimaciones de tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola, o mapas de la cubierta terrestre mundial, disponibles a nivel nacional o mundial.

El **Nivel 2** puede aplicar el mismo enfoque metodológico que el Nivel 1, pero utiliza factores de emisión y datos de actividad definidos por el país para los usos de la tierra/actividades más importantes. En el Nivel 2 es posible también aplicar metodologías de variación de reservas basadas en datos específicos del país. Los factores de emisión/datos de actividad definidos por el país son más apropiados para las regiones climáticas y sistemas de uso de la tierra de ese país. En el Nivel 2 es habitual utilizar datos de actividad de resolución superior que se correspondan con los coeficientes definidos por el país para regiones específicas y categorías de uso de la tierra especializadas.

En el **Nivel 3** se utilizan métodos de orden superior, y en particular modelos y sistemas de medición de inventario adaptados a las circunstancias de cada país, repetidos a lo largo del tiempo, basados en datos de actividad de alta resolución y desglosados a escalas entre subnacional y de retícula fina. Estos métodos de orden superior proporcionan estimaciones de mayor certidumbre que los niveles inferiores, y vinculan más estrechamente la biomasa y la dinámica del suelo. Tales sistemas pueden consistir en combinaciones, basadas en el GIS (Sistema de Información Geográfica), de datos de edad y clase/producción relacionados con los módulos de suelos, que integrarían varios tipos de vigilancia. Cuando se produce un cambio de uso de una tierra, es posible seguir la evolución de esa tierra lo largo del tiempo. En la mayoría de los casos, estos sistemas son dependientes del clima y dan lugar a estimaciones de fuente con variabilidad interanual. Los modelos deberían someterse a controles de la calidad, auditorías y validaciones.

3.1.6 Elección del método

Es una *buena práctica* utilizar métodos que proporcionen los máximos niveles de certidumbre, utilizando los recursos disponibles de la manera más eficaz posible. Para poder decidir el nivel metodológico que se desea utilizar y el sector en el que se ampliarán recursos para mejorar el inventario, se debe tener en cuenta si el uso de la tierra está conceptualizado como categoría esencial, con arreglo a las indicaciones del Capítulo 5 (Sección 5.4). Las orientaciones sobre la elección de metodología están estructuradas en forma de árbol de decisiones para poder evaluar si una categoría de fuentes/sumideros es una categoría esencial y cuáles son los depósitos de esa categoría esencial que se consideran importantes. Los árboles de decisiones se aplican a un nivel de subcategoría que corresponde aproximadamente a los depósitos de carbono y a las fuentes de gases distintos de CO₂ (véase en el Cuadro 3.1.3 una lista de subcategorías). Es importante señalar que el análisis por categorías esenciales es un proceso iterativo, y que para poder realizarlo se necesitan estimaciones iniciales para cada subcategoría. En la Figura 3.1.1 se representa un árbol de decisiones genérico que permite determinar el nivel

³ Puede ser necesario subdividir los datos específicos de países para reflejar las diferencias entre ecosistemas y calidades de los lugares, zonas climáticas y prácticas de gestión dentro de una misma categoría de tierra.

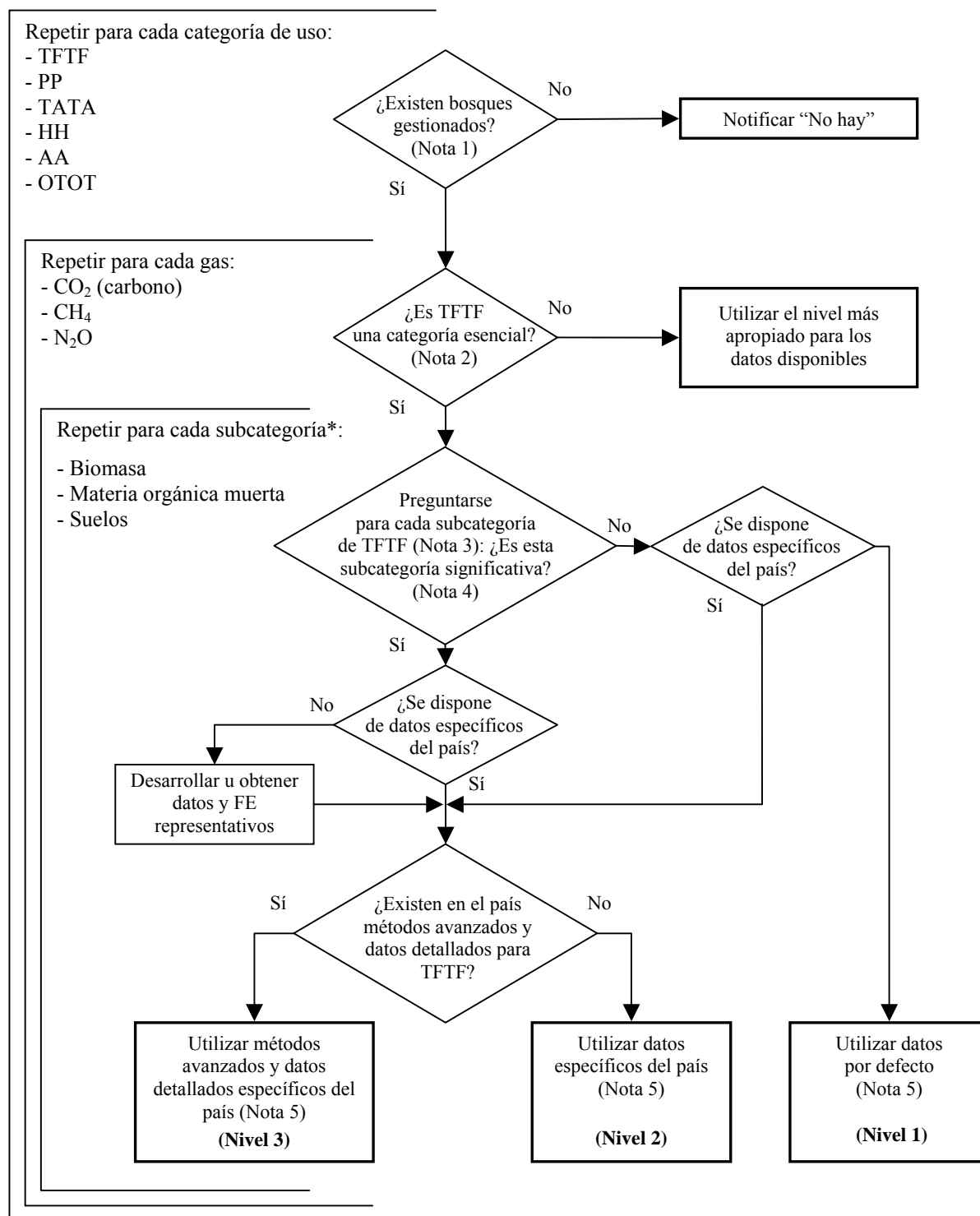
metodológico apropiado para tierras sometidas a un mismo uso desde el comienzo hasta el final de un período de inventario. Ese árbol de decisiones debe aplicarse a las subcategorías descritas en las Secciones 3.2.1, 3.3.1, 3.4.1, 3.5.1, 3.6.1, y 3.7.1. En la figura se utiliza, como ejemplo, la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. La Figura 3.1.2 es un árbol de decisiones genérico que permite determinar el nivel metodológico apropiado para tierras cuyo uso cambie durante el período de inventario, basándose en la Sección 3.2.2, Tierras convertidas en tierras forestales, a título de ejemplo. El árbol de decisiones debe aplicarse a las subcategorías descritas en las Secciones 3.2.2, 3.3.2, 3.4.2, 3.5.2, 3.6.2 y 3.7.2.

Las abreviaturas TFTF, PP, TATA, HH, AA, OTOT utilizadas en la Figura 3.1.1 denotan categorías de uso de la tierra que no experimentan ninguna conversión, mientras que las abreviaturas TFTF, TP, TTA, TH, TA, TOT de la Figura 3.1.2 denotan conversiones de tierra a las siguientes categorías de uso:

TFTF =	tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	TTF =	tierras convertidas en tierras forestales
PP =	praderas que siguen siendo praderas	TP =	tierras convertidas en praderas
TATA =	tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	TTA =	tierras convertidas en tierras agrícolas
HH =	humedales que siguen siendo humedales	TH =	tierras convertidas en humedales
AA =	asentamientos que siguen siendo asentamientos	TA =	tierras convertidas en asentamientos
OTOT =	otras tierras que siguen siendo otras tierras	TOT =	tierras convertidas en otras tierras

Estas abreviaturas se utilizan en el Capítulo 3 como subíndices de los símbolos de las ecuaciones.

Figura 3.1.1 Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se mantienen en la misma categoría de uso (en el ejemplo, tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, TFTF)



Nota 1: La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices del IPCC*. Los países pueden utilizar períodos diferentes, atendiendo a las circunstancias nacionales.

Nota 2: El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, Subsección 5.4 (Elección de la metodología: Identificación de las categorías esenciales).

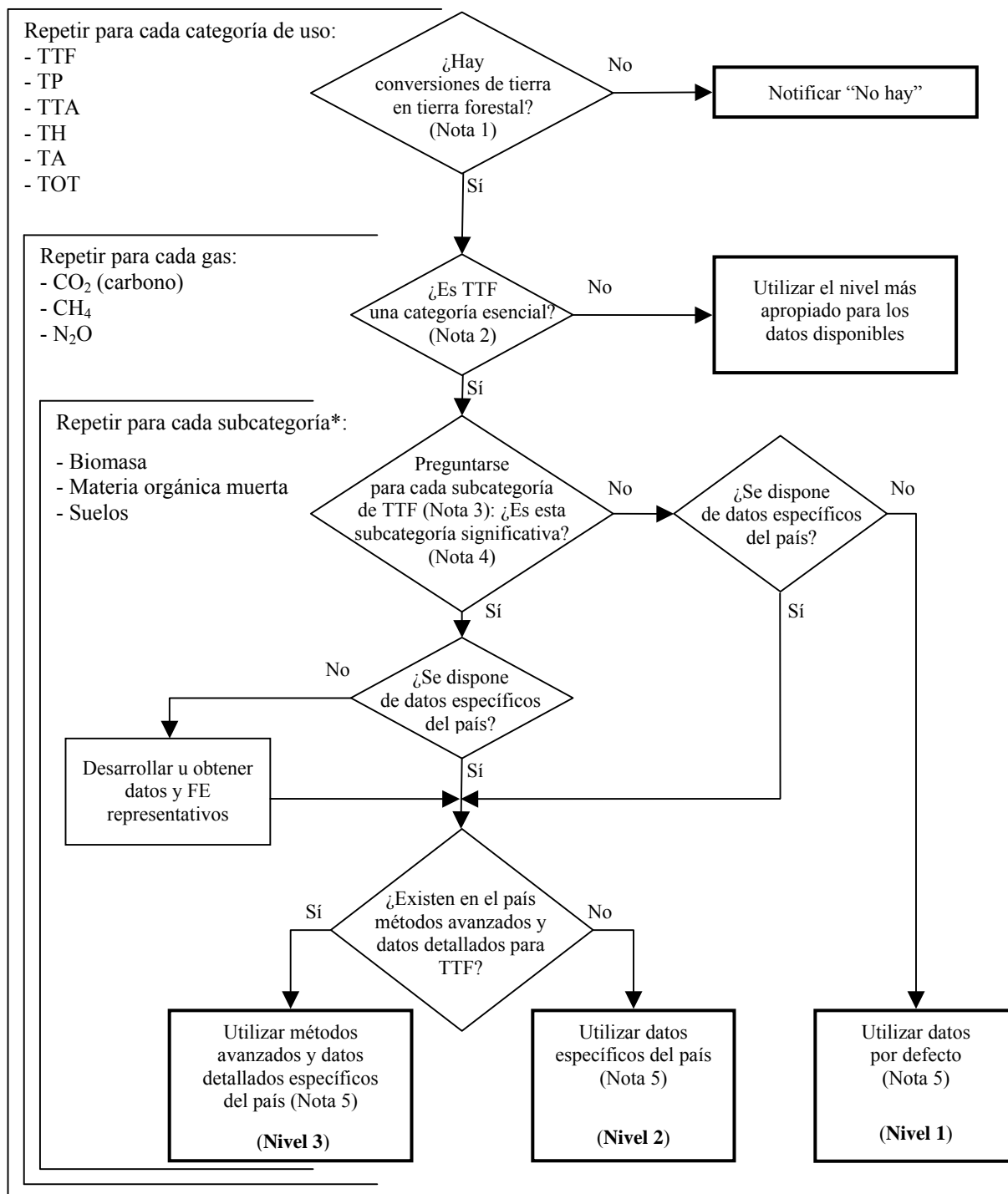
Nota 3: Véase en el Cuadro 3.1.2 una caracterización de las subcategorías.

Nota 4: Una subcategoría es significativa cuando representa entre el 25% y el 30% de las emisiones/absorciones para el conjunto de la categoría.

Nota 5: Véase en el Recuadro 3.1.1 la definición de niveles metodológicos.

* Cuando un país notifique productos de madera recolectada (PMR) como depósito separado, se deben considerar como una subcategoría.

Figura 3.1.2 **Árbol de decisiones para identificar el nivel metodológico apropiado de las tierras que se convierten en otra categoría de uso (ejemplo: tierras convertidas en tierras forestales, TTF)**



Nota 1: La utilización de un umbral de 20 años concuerda con los valores por defecto indicados en las *Directrices del IPCC*. Los países pueden utilizar periodos diferentes, atendiendo a las circunstancias nacionales.

Nota 2: El concepto de categoría esencial está explicado en el Capítulo 5, subsección 5.4 (Elección de metodología: Identificación de categorías esenciales).

Nota 3: Véase en el Cuadro 3.1.2 una caracterización de las subcategorías.

Nota 4: Una subcategoría es significativa cuando representa entre el 25% y el 30% de las emisiones/absorciones para el conjunto de la categoría.

Nota 5: Véase en el Recuadro 3.1.1 la definición de niveles metodológicos.

* Cuando un país notifique productos de madera recolectada (PMR) como depósito separado, se deben considerar como una subcategoría.

CUADRO 3.1.3 SUBCATEGORÍAS DE UNA SECCIÓN DE USO DE LA TIERRA DADA	
Gas	Subcategoría
CO ₂	Biomasa viva
	Materia orgánica muerta
	Suelos
N ₂ O	Incendios
	Mineralización de la materia orgánica del suelo
	Aportes de nitrógeno
	Cultivo de suelos orgánicos
CH ₄	Incendios

3.1.7 Notificación

Es una *buena práctica* realizar evaluaciones por categorías esenciales para cada categoría de uso de la tierra utilizando las orientaciones proporcionadas en este capítulo y en la Sección 5.4 del Capítulo 5:

- para cada categoría de uso de la tierra considerada esencial, evaluar cuáles de sus subcategorías son significativas; y
- utilizar los resultados de este análisis para determinar las categorías y subcategorías que se deben considerar prioritarias en términos de elección metodológica.

Las categorías de notificación se clasifican en gases de efecto invernadero y usos de la tierra, es decir, tierras que siguen recibiendo el mismo uso y tierras convertidas a ese uso. Las estimaciones correspondientes a una categoría vienen a ser una compilación de las distintas subcategorías. En el Cuadro 3.1.3 se indican las subcategorías de las distintas categorías de notificación. Los cuadros de notificación figuran en el Anexo 3A.2. Al compilar las estimaciones de emisiones y sumideros vinculadas al sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura con otros elementos de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, los signos (+/-) deberán utilizarse de manera coherente. En los cuadros de notificación finales, las emisiones (disminución de las reservas de carbono, emisiones de gases distintos del CO₂) son siempre positivas (+), y las absorciones (aumento de las reservas de carbono), negativas (-). Para calcular las estimaciones iniciales se utilizan en este capítulo las convenciones del Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*, según las cuales los aumentos netos de las reservas de carbono son positivos (+), y las disminuciones netas son negativas (-). Al igual que en las *Directrices del IPCC*, los signos de estos valores han de ser convertidos en los cuadros de notificación finales, con objeto de mantener la coherencia con otras secciones de los informes de los inventarios nacionales.

Unidades

Las unidades de las emisiones/absorciones de CO₂ y de las emisiones de gases distintos del CO₂ se notifican en gigagramos (Gg). Para convertir toneladas de C en Gg de CO₂, se multiplicará el valor inicial por 44/12 y por 10⁻³. Para convertir kg de N₂O-N en Gg de N₂O, se multiplicará el valor por 44/28 y por 10⁻⁶.

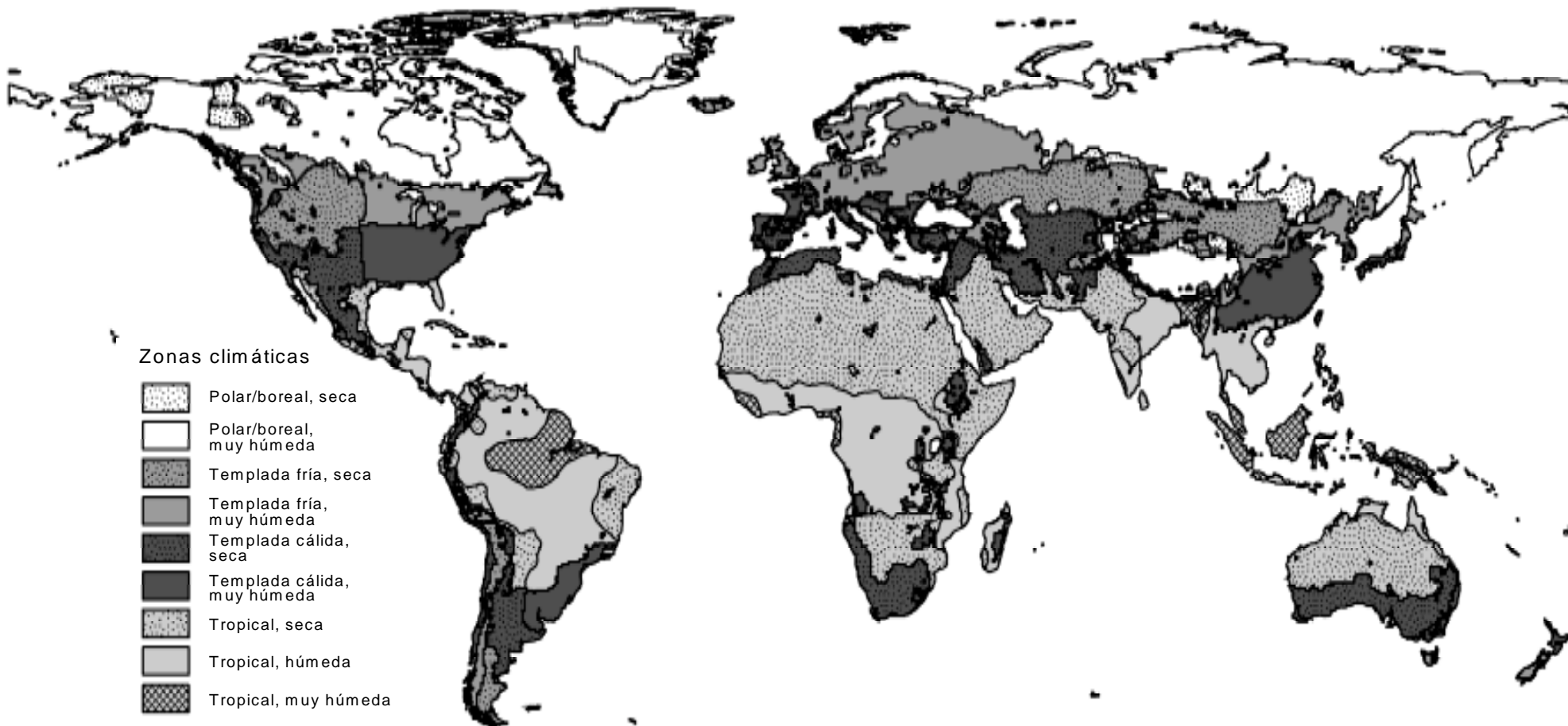
Convención

A efectos de notificación, y por coherencia con las *Directrices del IPCC*, las absorciones tendrán siempre signo negativo (-), y las emisiones, positivo (+).

3.1.8 Zonas climáticas genéricas

Algunos de los valores por defecto de este capítulo se indican por zonas climáticas. En la Figura 3.1.3 se ofrece una delimitación mundial de esas zonas. En comparación con las *Directrices del IPCC*, la figura contiene sólo la clase adicional polar/boreal.

Figura 3.1.3 Delimitación de las principales zonas climáticas, actualizadas con respecto a las Directrices del IPCC. Las zonas de temperatura están definidas en función de la temperatura media anual (TMA): Polar/boreal (TMA < 0 °C), Templada fría (TMA: 0-10 °C), Templada cálida (TMA: 10-20 °C) y Tropical (TMA > 20 °C). Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen mediante el cociente entre la precipitación media anual (PMA) y la evapotranspiración potencial (EP): Seca (PMA/EP < 1) y Muy húmeda (PMA/EP > 1); y, para las zonas tropicales, mediante la precipitación únicamente: Seco (PMA < 1000 mm), Húmedo (PMA: 1000-2000 mm) y muy húmedo (PMA > 2000 mm). Los datos de precipitación y temperatura han sido obtenidos de PNUMA-GRID.



<http://www.grid.unep.ch/data/grid/climate.php>

3.2 TIERRAS FORESTALES

Esta sección de la *Orientación* contiene métodos para estimar las variaciones de las reservas de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero asociadas a las variaciones del carbono orgánico en la biomasa y en el suelo, en tierras forestales y en tierras convertidas en tierras forestales. Está en concordancia con el enfoque adoptado en las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (Directrices del IPCC)*, en virtud de las cuales la variación anual de la biomasa se calcula como la diferencia entre los términos de aumento y de disminución de la biomasa. En la *Orientación*:

- se consideran los cinco depósitos de carbono identificados en la Sección 3.1;
- se vinculan los depósitos de biomasa y de carbono del suelo para una misma área de tierra en niveles metodológicos superiores;
- se incluyen las emisiones de carbono en tierras gestionadas por efecto de las pérdidas naturales causadas por incendios, vendavales, plagas y brotes de enfermedades;
- se ofrecen métodos para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂.

La *Orientación* debería utilizarse junto con las metodologías adoptadas para obtener datos de área coherentes, como se describe en el Capítulo 2.

La Sección 3.2 está estructurada en dos partes. En la Sección 3.2.1 se examina la metodología aplicable para estimar las variaciones de las reservas de carbono en cinco depósitos, en áreas forestales que lo han sido durante los últimos 20 años al menos¹. En la Sección 3.2.2 se examina la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas más recientemente en bosques. En la Sección 3.2.1 se explica la utilización del árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1.6) para facilitar la elección del nivel metodológico con respecto a los depósitos de carbono y a los gases distintos del CO₂.

Como se indica en las *Directrices del IPCC*, los bosques naturales e inalterados no deberían considerarse fuentes ni sumideros antropógenos, y quedarán excluidos de la estimación del inventario nacional. Así pues, en el presente capítulo se ofrecen orientaciones para estimar y notificar las fuentes y sumideros antropógenos de gases de efecto invernadero en bosques gestionados únicamente. La definición de bosque gestionado se aborda en la Sección 3.1.2.1. A nivel nacional, las definiciones deberían aplicarse de manera coherente a lo largo del tiempo, y deberían abarcar todos los bosques sujetos a intervención humana periódica o constante, incluidas todas y cada una de las prácticas de gestión, desde las orientadas a la producción de madera comercial hasta las que persiguen fines no comerciales.

Las *Directrices del IPCC* utilizan, por defecto, el supuesto de que todo el carbono de la biomasa cosechada se oxida durante el año de absorción, pero son flexibles en cuanto a incluir el almacenamiento de carbono en los productos de madera recolectada (PMR) si se demuestra que aumentan las reservas. La posible inclusión de los PMR está siendo también estudiada por el OSACT. En espera del resultado de las negociaciones, los métodos de estimación de los PMR se abordarán en otra sección (Apéndice 3a.1). Ello refleja simplemente el estado de desarrollo de las metodologías, y no afecta al contenido de las *Directrices del IPCC*, ni prejuzga el resultado de esas negociaciones.

3.2.1 Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

El inventario de gases de efecto invernadero para la categoría de uso de la tierra ‘Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (TFTF)’ conlleva una estimación de la variación de las reservas de carbono en cinco depósitos de carbono (biomasa sobre el suelo, biomasa bajo el suelo, madera muerta, detritus, y materia orgánica del suelo), y de las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de esos depósitos. La ecuación resumida que permite estimar las emisiones o absorciones anuales en TFTF con respecto a la variación de los depósitos de carbono es la siguiente (Ecuación 3.2.1).

<p>ECUACIÓN 3.2.1</p> <p>EMISIONES O ABSORCIONES ANUALES EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES</p> $\Delta C_{\text{TFTF}} = (\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{BV}}} + \Delta C_{\text{TFTF}_{\text{MOM}}} + \Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Suelos}}})$
--

¹ Debería seguirse, con arreglo a las secciones apropiadas, la evolución de las tierras que han sido convertidas para otros usos durante el tiempo en que la dinámica del carbono esté influida por la dinámica de conversión y de seguimiento. Aunque un valor de 20 años es coherente con las *Directrices del IPCC*, en los métodos del Nivel 3 pueden utilizarse períodos más largos cuando así lo aconsejen las circunstancias nacionales.

Donde:

ΔC_{TFTF} = variación anual de las reservas de carbono en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TFTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales; en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TFTF_{MOM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (incluye la madera muerta y los detritos) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales; en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TFTF_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

Para convertir toneladas de C en Gg de CO₂, se multiplicará el valor inicial por 44/12 y por 10³. Las convenciones utilizadas (signos), se indican en la Sección 3.1.7 o en el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo).

3.2.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

La variación de las reservas de carbono se calcula multiplicando la diferencia en peso secado al horno entre el aumento y la disminución de la biomasa por la fracción de carbono apropiada. En esta sección se ofrecen métodos para estimar los incrementos y pérdidas de biomasa. Entre los incrementos se incluye el crecimiento de la biomasa. Entre las pérdidas se incluyen las talas, la recogida de leña, y las pérdidas naturales.

3.2.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

3.2.1.1.1.1 Elección del método

Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa pueden aplicarse dos métodos:

El **Método 1** (denominado también **método por defecto**) consiste en restar la pérdida de carbono de la biomasa del incremento de carbono de la biomasa durante el año de notificación (Ecuación 3.2.2).

ECUACIÓN 3.2.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (MÉTODO POR DEFECTO)

$$\Delta C_{TFTF_{BV}} = (\Delta C_{TFTF_C} - \Delta C_{TFTF_P})$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

ΔC_{TFTF_C} = aumento anual de las reservas de carbono debido al crecimiento de la biomasa, en toneladas de C año⁻¹

ΔC_{TFTF_P} = disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa, en toneladas de C año⁻¹

Para aplicar el **Método 2** (denominado también **método de variación de reservas**) es necesario el inventario de las reservas de carbono en la biomasa para una superficie forestal dada en dos momentos diferentes. La variación de la biomasa es la diferencia entre la biomasa en los momentos t_2 y t_1 , dividida por el número de años transcurridos entre los inventarios (Ecuación 3.2.3).

ECUACIÓN 3.2.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (MÉTODO DE VARIACIÓN DE RESERVAS)

$$\Delta C_{TFTF_{BV}} = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

y

$$C = [V \bullet D \bullet FEB_2] \bullet (1 + R) \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

C_{t_2} = carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_2 , en toneladas de C

C_{t_1} = carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_1 , en toneladas de C

V = volumen comercializable, en m³ ha⁻¹

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m⁻³ de volumen comercializable

FEB_2 = factor de expansión de biomasa para convertir el volumen comercializable en biomasa arbórea sobre el suelo, sin dimensiones.

R = relación raíz-vástago, sin dimensiones

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

El método por defecto es aplicable en todos los niveles, mientras que en los datos necesarios para el método de variación de reservas se excluye esta opción en el Nivel 1. Por lo general, el método de variación de las reservas dará buenos resultados cuando los aumentos o disminuciones de la biomasa sean relativamente grandes, o cuando se realicen inventarios de bosques muy exactos. Sin embargo, en áreas forestales con poblaciones mixtas, y/o en los casos en que la variación de la biomasa sea muy pequeña comparada con la cantidad de biomasa total, el método de variación de las reservas entraña el riesgo de que el error del inventario sea mayor que la variación esperada. En tales condiciones, unos datos escalonados podrían arrojar mejores resultados. La decisión de utilizar el método por defecto o el de variación de reservas en el nivel apropiado se dejará, por consiguiente, a los expertos, que tomarán en cuenta los sistemas de inventario y las propiedades de los bosques a nivel nacional.

El método por defecto para estimar las variaciones de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo está basado en una serie de ecuaciones. Éstas incluyen datos de actividad en áreas de diferentes categorías de uso de la tierra, en función de diferentes tipos de bosque o de sistemas de gestión, de los correspondientes factores de emisión y de absorción, y de los factores para estimar la pérdida de biomasa. La exactitud de la estimación dependerá del nivel escogido para estimar la biomasa, y de los datos disponibles.

Es una *buena práctica* utilizar, para la elección del nivel, el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1. Con ello se fomenta una utilización eficiente de los recursos disponibles, teniendo en cuenta la pertenencia o no de la biomasa a una categoría esencial, con arreglo a lo expuesto en el Capítulo 5, Sección 5.4. En términos generales:

Nivel 1: El Nivel 1 es aplicable en los países en que o bien la subcategoría (tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, o depósito de carbono en la biomasa) no es una categoría esencial, o bien existen pocos datos de actividad o ninguno ni factores de emisión/absorción específicos del país, sin que sea posible obtenerlos.

Nivel 2: El Nivel 2 es aplicable cuando las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales o el carbono de la biomasa constituyen una categoría esencial. El Nivel 2 se utilizará en los países en que se dispone de estimaciones de datos de actividad y de factores de emisión/absorción específicos del país, o en que sea posible obtener éstos con un coste más favorable que para otras categorías de uso de la tierra.

Nivel 3: El Nivel 3 es aplicable cuando las tierras forestales que lo siguen siendo o el carbono de la biomasa constituyen una categoría esencial. Su elección implica la utilización de datos detallados de inventario de los bosques nacionales, suplementados con modelos dinámicos o ecuaciones alométricas calibradas con arreglo a las circunstancias nacionales que permitan un cálculo directo del incremento de la biomasa. El planteamiento del Nivel 3 respecto de la variación de las reservas de carbono permite utilizar diferentes métodos, y su aplicación podría diferir de un país a otro, debido a las diferencias en cuanto a métodos de inventario y condiciones de los bosques. Así pues, en el Nivel 3 es esencial documentar adecuadamente la validez y la exhaustividad de los datos, de los supuestos y de las ecuaciones y modelos.

ECUACIONES PARA ESTIMAR LA VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA ($\Delta C_{TFTF_{BV}}$) UTILIZANDO EL MÉTODO POR DEFECTO

Aumento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (ΔC_{TFTF_C})

Para estimar el aumento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales se necesita estimar el incremento superficial y anual de la biomasa total para cada tipo de bosque y zona climática del país (Ecuación 3.2.4). La fracción de carbono de la biomasa tiene un valor por defecto de 0,5, aunque en niveles metodológicos superiores hay un margen de variación en función de las especies, de los componentes de un árbol o de un rodal (tallo, raíces y hojas) y de la edad del rodal.

ECUACIÓN 3.2.4
INCREMENTO ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO DEBIDO AL INCREMENTO DE BIOMASA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TFTFC} = \sum_{ij} (S_{ij} \bullet C_{TOTALij}) \bullet FC$$

Donde:

ΔC_{TFTFC} = incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de la biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales por tipos de bosque y zonas climáticas, en toneladas de C año⁻¹

S_{ij} = superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, por tipos de bosque (i = desde 1 hasta n) y zonas climáticas (j = desde 1 hasta m), en ha

$C_{TOTALij}$ = tasa media de incremento anual de la biomasa total, en unidades de materia seca, por tipos de bosque (i = desde 1 hasta n) y zonas climáticas (j = desde 1 hasta m), en toneladas m.s ha⁻¹ año⁻¹.

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

Incremento anual medio de la biomasa (C_{TOTAL})

C_{TOTAL} es el valor ampliado de la tasa de incremento anual de la biomasa sobre el suelo (C_w), que incorpora la parte bajo el suelo, y que se obtiene multiplicando por el cociente entre la biomasa bajo el suelo y la biomasa sobre el suelo (denominado también "relación raíz - vástago" (R)), que se aplica a los incrementos. El mismo resultado puede conseguirse directamente cuando se dispone del valor de C_w , como en el caso de los bosques regenerados naturalmente o de las categorías de plantación generales. Si no se dispone del valor de C_w , puede utilizarse el incremento de volumen (I_v) con el factor de expansión de biomasa para convertir el incremento neto anual en el incremento de biomasa sobre el suelo. Esta relación puede verse en la Ecuación 3.2.5:

ECUACIÓN 3.2.5
INCREMENTO ANUAL MEDIO DE BIOMASA

$C_{TOTAL} = C_w \bullet (1 + R)$	A) En caso de que el incremento de biomasa sobre el suelo (materia seca) se utilice directamente. En caso contrario, C_w se estimará utilizando la ecuación B o su equivalente
$C_w = I_v \bullet D \bullet FEB_1$	B) En caso de que se utilice el incremento neto de volumen para estimar C_w .

Donde:

C_{TOTAL} = incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹

C_w = incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo, en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹; Cuadros 3A.1.5 y 3A.1.6

R = relación raíz-vástago apropiada para los incrementos, sin dimensiones; Cuadro 3A.1.8

I_v = incremento de volumen neto anual medio adecuado para el procesamiento industrial, en m³ ha⁻¹ año⁻¹; Cuadro 3A.1.7

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m³; Cuadro 3A.1.9

FEB_1 = factor de expansión de biomasa para convertir el incremento neto anual (incluida la corteza) en incremento de biomasa arbórea sobre el suelo, sin dimensiones; Cuadro 3A.1.10

La densidad de madera básica (D) y los factores de expansión de biomasa (FEB) varían en función del tipo de bosque, de la edad, de las condiciones de crecimiento, de la densidad de rodal y del clima (Kramer, 1982; Brown, 1997; Lowe *et al.*, 2000; Koehl, 2000). En el Cuadro 3A.1.10 se ofrecen valores por defecto para los FEB por tipos de bosque y zonas climáticas, para utilizarlos con los diámetros mínimos indicados. Los FEB sirven como sustituto de los cocientes de expansión de las *Directrices del IPCC*, que se utilizan para calcular la biomasa no comercializable (ramas, árboles pequeños, etc.) cortada durante la tala y que se descompone.

Para los países que utilizan los métodos del Nivel 2, sería una buena práctica utilizar valores de la densidad de madera básica y de los FEB específicos del país y de la especie, si se dispone de ellos en el ámbito nacional.

La estimación de los valores de D y de FEB se realizará a nivel de especie en los países que adopten el Nivel 3. Los valores de FEB correspondientes al incremento de biomasa, a la madera en pie y a la recolección difieren para una especie o masa forestal dada. Para los Niveles 2 y 3, se sugiere a los expertos en inventarios que desarrollen por separado valores de D y de FEB específicos del país para la madera en pie, el incremento de biomasa y las recolecciones. Cuando se utilicen factores y metodologías específicos del país, se verificarán y documentarán debidamente, con arreglo a los requisitos generales estipulados en el Capítulo 5.

En función de las condiciones de cada país (véase, por ejemplo, Lehtonen *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2003), FEB y D podrán combinarse en un solo valor. En tales casos, las directrices relativas a FEB y a D se aplicarán a los valores combinados, conforme proceda.

Disminución anual de las reservas de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (ΔC_{TFTFP})

La pérdida de biomasa anual es la suma de las pérdidas resultantes de las talas comerciales de rollizos, de la recogida de leña y de otras pérdidas (Ecuación 3.2.6):

$$\Delta C_{TFTFP} = P_{\text{talas}} + P_{\text{leña}} + P_{\text{otras pérdidas}}$$

Donde:

ΔC_{TFTFP} = disminución anual de las reservas de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

P_{talas} = pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales, en toneladas de C año⁻¹ (véase la Ecuación 3.2.7)

$P_{\text{leña}}$ = pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña, en toneladas de C año⁻¹ (véase la Ecuación 3.2.8)

$P_{\text{otras pérdidas}}$ = otras pérdidas anuales de carbono, en toneladas de C año⁻¹ (véase la Ecuación 3.2.9)

La estimación de la pérdida anual de carbono debida a talas comerciales se realiza mediante la Ecuación 3.2.7:

$$P_{\text{talas}} = R \bullet D \bullet FEB_2 \bullet (1 - f_{BD}) \bullet FC$$

Donde:

P_{talas} = pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales, en toneladas de C año⁻¹

R = volumen extraído anualmente, rollizos, en m³ año⁻¹

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m⁻³; Cuadro 3A.1.9

FEB₂ = factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida la corteza), sin dimensiones; Cuadro 3A.1.10

f_{BD} = fracción de biomasa que queda en el bosque y se descompone (transferida a materia orgánica muerta)

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

Al aplicar esta ecuación existen dos posibilidades:

- i) la biomasa total asociada al volumen de rollizos extraído se considera una emisión inmediata. Éste es el supuesto aplicado por defecto, e implica que f_{BD} debería ser fijado en 0. Este supuesto debería aplicarse a menos que se tengan en cuenta explícitamente los cambios de la materia orgánica muerta, lo cual implicaría la utilización de niveles superiores con arreglo a la Sección 3.2.1.2 *infra*;
- ii) una parte de la biomasa es transferida a las reservas de madera muerta. En tales casos, f_{BD} se obtendría conforme al dictamen de expertos, o basándose en datos empíricos (Niveles 2 ó 3). En el Anexo 3.A.11 se ofrecen datos por defecto de f_{BD} para utilizarlos en el Nivel 2.

Para estimar la pérdida de carbono debida a la recogida de leña se utilizará la Ecuación 3.2.8:

$$P_{\text{leña}} = LR \bullet D \bullet FEB_2 \bullet FC$$

Donde:

$P_{\text{leña}}$ = pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña, en toneladas de C año⁻¹

LR = volumen anual de leña recogida, m³ año⁻¹

D = densidad de madera básica, en toneladas m.s. m⁻³; Cuadro 3A.1.9

FEB₂ = factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes de rollizos extraídos en biomasa aérea total sobre el suelo (incluida la corteza), sin dimensiones; Cuadro 3A.1.10

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

Otras pérdidas de carbono en tierras forestales gestionadas son las causadas por perturbaciones tales como vendavales, plagas o incendios. Se expone a continuación una metodología genérica para estimar la cantidad de carbono perdida por efecto de esas perturbaciones. En el caso específico de las pérdidas derivadas de incendios en tierras forestales gestionadas, incluidos los incendios incontrolados y controlados, se utilizará este método para proveer de datos a la metodología de la Sección 3.2.1.4 (Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂), con objeto de estimar las emisiones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ provenientes de incendios.

Es una *buena práctica* informar de todas las áreas afectadas por perturbaciones tales como incendios, plagas o vendavales que se produzcan en las tierras forestales gestionadas, con independencia de que sean o no consecuencia de actividades humanas. No se incluirán las perturbaciones naturales que se produzcan en bosques no gestionados y que no sean consecuencia de un cambio de uso de la tierra. Las pérdidas de biomasa contabilizadas como recolección comercial o leña no se conceptuarán como pérdidas debidas a otras perturbaciones.

El impacto de las perturbaciones sobre un ecosistema forestal varía en función del tipo y de la gravedad de la alteración, de las condiciones en que se produce (por ejemplo, el tiempo) y de las características del ecosistema. El método genérico propuesto, que se ilustra en la Ecuación 3.2.9, presupone la destrucción completa de la biomasa forestal en caso de alteración, razón por la cual la metodología por defecto se ocupa únicamente de las perturbaciones que implican "sustitución de masa forestal". Los países que presenten informes ateniéndose al Nivel 3 deberán considerar tanto las perturbaciones que implican la sustitución de masa forestal como las que no la implican.

ECUACIÓN 3.2.9
OTRAS PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO
 $P_{\text{otras pérdidas}} = S_{\text{alteración}} \bullet B_W \bullet (1 - f_{\text{BD}}) \bullet FC$

Donde:

$P_{\text{otras pérdidas}}$ = otras pérdidas anuales de carbono, en toneladas de C año⁻¹

$S_{\text{alteración}}$ = superficies forestales afectadas por perturbaciones, en ha año⁻¹

B_W = valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales, en toneladas m.s. ha⁻¹; Cuadros 3A.1.2, 3A.1.3, y 3A.1.4

f_{BD} = fracción de biomasa que queda en el bosque y se descompone (transferida a materia orgánica muerta); Cuadro 3A.1.11

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

Nivel 1: En el Nivel 1 se supone que las perturbaciones afectan únicamente a la biomasa sobre el suelo; se supone también que todo el carbono de la biomasa sobre el suelo se pierde con la alteración. Así pues, f_{BD} es igual a 0.

Nivel 2: Los países que informen con arreglo a niveles superiores, que incluyen las emisiones/absorciones respecto de todos los depósitos forestales, deben distinguir entre la proporción de biomasa previa a la alteración, que es destruida y origina emisiones de gases de efecto invernadero, y la que es transferida a los depósitos de materia orgánica muerta y posteriormente se descompone.

Nivel 3: Los países que notifiquen con arreglo al Nivel 3 deberían considerar todas las perturbaciones significativas, con sustitución de la población arbórea o sin ella. Para incorporar el impacto de las perturbaciones sin sustitución de la población, los países podrán agregar a la Ecuación 3.2.9 un término de ajuste que refleje la proporción de biomasa previa a la alteración que no resulta afectada por ésta.

RESUMEN DE LAS ETAPAS A SEGUIR PARA ESTIMAR LA VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA (ΔC_{TFTFBV}) UTILIZANDO EL MÉTODO POR DEFECTO

Etapa 1: Basándose en las orientaciones del Capítulo 2 (Procedimientos para representar las áreas de tierra), categorizar la superficie (S) de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales por tipos de bosque de diferentes zonas climáticas, conforme al sistema adoptado en el país. Como elemento de referencia, el Cuadro 3A.1.1 ofrece, a efectos de verificación, datos de ámbito nacional sobre superficies forestales y variación anual de las superficies forestales, por regiones y por países;

Etapa 2: Estimar el incremento anual medio de biomasa (C_{TOTAL}) utilizando la Ecuación 3.2.5. Si se dispone de datos sobre el incremento anual medio de la biomasa aérea (C_W), se utilizará la Ecuación 3.2.5A. En caso contrario, el valor de C_W se estimará mediante la Ecuación 3.2.5B;

- Etapas 3:** Estimar el incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa (ΔC_{TTF_C}) utilizando la Ecuación 3.2.4;
- Etapas 4:** Estimar la pérdida anual de carbono debida a las talas comerciales ($P_{W_{talas}}$) utilizando la Ecuación 3.2.7;
- Etapas 5:** Estimar la pérdida anual de carbono debida a la recogida de leña ($P_{W_{leña}}$) utilizando la Ecuación 3.2.8;
- Etapas 6:** Estimar la pérdida anual de carbono debida a otras pérdidas ($P_{otras\ pérdidas}$) utilizando la Ecuación 3.2.9;
- Etapas 7:** Basándose en las pérdidas estimadas en las Etapas 4 a 6, estimar la disminución anual de las reservas de carbono debida a la pérdida de biomasa (ΔC_{TTF_P}) utilizando la Ecuación 3.2.6;
- Etapas 8:** Estimar la variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva ($\Delta C_{TTF_{BV}}$) utilizando la Ecuación 3.2.2.

3.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Para utilizar el Método 1 se necesita conocer el incremento anual de la biomasa para cada tipo de bosque y zona climática del país, más los factores de emisión vinculados a la pérdida de biomasa, incluidas las pérdidas resultantes de las talas, de la recogida de leña y de las pérdidas naturales.

INCREMENTO ANUAL DE BIOMASA

Incremento anual de la biomasa sobre el suelo, C_w

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan los valores por defecto del incremento anual medio de biomasa sobre el suelo (C_w) indicados en los Cuadros 3A.1.5 y 3A.1.6.

Nivel 2: En el método del Nivel 2 se usan datos específicos del país para calcular el incremento anual medio bruto de biomasa C_w . Los datos específicos del país suelen estar vinculados a los volúmenes comercializables (I_v). El factor de expansión de la biomasa (FEB_1) y la densidad de madera básica (D) son necesarios para convertir los datos disponibles en C_w . En el Cuadro 3A.1.7 se ofrecen los valores por defecto de I_v , y en los Cuadros 3A.1.10 y 3A.1.9 se ofrecen valores por defecto para FEB_1 y D , respectivamente.

Nivel 3: En el Nivel 3 se dispondrá de un inventario detallado o sistema de seguimiento de los bosques que contenga, como mínimo, datos sobre la madera en pie y, si fuera posible, sobre el incremento anual. Si se dispusiera de funciones de biomasa alométricas adecuadas, es una *buena práctica* utilizar directamente tales ecuaciones. A éstas podrían incorporarse también la fracción de carbono y la densidad de madera básica.

El inventario detallado de los bosques se utilizará para proporcionar las condiciones iniciales de las reservas de carbono en los bosques en el año de inventario de éstos. Cuando el año de inventario no corresponda al período de compromiso, se utilizará el incremento anual medio o el incremento estimado por los modelos (que sean capaces de simular la dinámica de los bosques).

Los inventarios periódicos de los bosques podrán combinarse con los datos sobre plantaciones y talas anuales para obtener interpolaciones no lineales del incremento entre años de inventario.

Incremento de la biomasa bajo el suelo

Nivel 1: El incremento de la biomasa bajo el suelo, utilizado como supuesto por defecto en consonancia con las *Directrices del IPCC*, puede ser igual a 0. Los valores por defecto de las relaciones raíz-vástago (R), que pueden utilizarse para estimar la biomasa bajo el suelo, se indican en el Cuadro 3A.1.8.

Nivel 2: Para estimar la biomasa bajo el suelo se utilizarán las relaciones raíz-vástago específicas del país.

Nivel 3: Se utilizarán las relaciones raíz-vástago determinadas a nivel nacional o regional, o modelos incrementales. A ser posible, se incorporará a los modelos la biomasa bajo el suelo para calcular el incremento total de biomasa.

PÉRDIDA ANUAL DE BIOMASA

Las *Directrices del IPCC* se refieren a la extracción de biomasa (es decir, a las talas comerciales, a las remociones para la obtención de leña y otros usos de la madera, y a las pérdidas naturales) como el consumo total de biomasa de las reservas que libera carbono. Esos tres componentes se estipulan con mayor precisión en la Ecuación 3.2.6.

Además de las talas comerciales de madera industrial, de troncos para aserrar y de leña, específicamente mencionados, puede haber también otros tipos de tala no comerciales, como la destinada al consumo propio. Puede ocurrir que esta última cantidad no esté incluida en las estadísticas oficiales, y podría ser necesario un estudio para estimarla.

Talas

Para calcular la pérdida de carbono debida a las talas comerciales se necesitan los factores de emisión/absorción siguientes: volumen extraído de rollizos (R), densidad de madera básica (D), y fracción de biomasa abandonada que se descompone en el bosque (f_{BD}).

Cuando sean separables, los datos sobre las talas no se incluirán en el apartado de tierras forestales que están siendo convertidas en otras tierras, para evitar el doble cómputo. Es improbable que las estadísticas sobre talas permitan diferenciar las tierras en que se realizan las talas, por lo que habrá que sustraer, del total de las talas, una cantidad de biomasa similar a la pérdida de biomasa en las tierras convertidas en bosques.

La extracción de rollizos aparece publicada en el Boletín de la madera de CEPE/FAO y en el Anuario de Productos Forestales de la FAO. Este último está basado principalmente en datos proporcionados por los países. En ausencia de datos oficiales, la FAO proporciona una estimación basada en la mejor información disponible. Por lo general, el Anuario se publica con una periodicidad de dos años.

Nivel 1: Los datos de la FAO pueden utilizarse, en el Nivel 1, como valores por defecto de R en la Ecuación 3.2.7. Los datos sobre rollizos incluyen toda la madera retirada de los bosques, expresada en metros cúbicos sin corteza. Los datos sin corteza han de convertirse en datos con corteza para utilizarlos con FEB₂. En la mayoría de las especies de árboles, la corteza representa entre un 10% y un 20% del volumen de tallo con corteza. A menos que se disponga de datos específicos del país, se utilizará un valor por defecto de 15%, y el volumen con corteza según la FAO podrá estimarse dividiendo la estimación sin corteza por 0,85 antes de utilizar los valores de la Ecuación 3.2.7. Es una *buena práctica* verificar, suplementar, actualizar y comprobar la calidad de los datos mediante datos adicionales procedentes de encuestas nacionales o regionales.

Nivel 2: Se utilizarán datos específicos del país.

Nivel 3: Al nivel de resolución del modelo de bosque del Nivel 3, se utilizan datos de absorción específicos del país para diferentes categorías de bosque. Cuando sea posible, se utilizará información específica del país sobre la dinámica de la descomposición de la madera muerta para describir la evolución en el tiempo de la biomasa no recolectada.

Recogida de leña

Para estimar las pérdidas de carbono debidas a la recogida de leña se necesitan datos sobre el volumen anual de leña recogida (LR), la densidad de madera básica (D), y el factor de expansión de biomasa (FEB₂), a fin de convertir los volúmenes de rollizos recolectados en biomasa total sobre el suelo.

Según el país, la extracción de leña se efectúa de diversas maneras, desde las talas ordinarias hasta la recogida de madera muerta (esta última expresada, frecuentemente, como una fracción de f_{BD} en la Ecuación 3.2.7.). Habrá, pues, diferentes modos de calcular LR, ya que la tala de árboles para leña debería ser tratada como una pérdida de carbono debida a las talas. En comparación con la ecuación para las talas comerciales, la ecuación correspondiente a la recogida de leña no contiene ninguna variable que exprese la "fracción abandonada que se descompone", ya que se ha supuesto que la mayor parte de los árboles probablemente se retiren del bosque. Por otra parte, la recogida de leña del suelo de los bosques es un término que no debería expandirse, ya que representa una reducción de las reservas de madera muerta igual a la cantidad extraída. En niveles inferiores, se supondrá que esta circunstancia no afecta a las reservas de madera muerta (véase la Sección 3.2.1.2).

En la presente sección se examina únicamente la recogida de leña en tierras forestales que lo siguen siendo. En las secciones sobre "Tierras convertidas en tierras agrícolas, praderas, etc." se explica el tratamiento que se dará a la leña utilizada a distancia del punto de recogida, por efecto de la conversión del uso de la tierra, y la manera de compensarla en las estadísticas sobre leña.

Nivel 1: La FAO proporciona estadísticas de todos los países sobre el consumo de leña y de carbón vegetal. Así, en el marco del Nivel 1 las estadísticas de la FAO pueden utilizarse directamente, aunque convendría verificar su exhaustividad, ya que en algunos casos los datos de la FAO pueden hacer referencia a actividades específicas realizadas en determinados bosques, y no a la totalidad de la leña. Cuando se disponga de información más completa a nivel nacional, convendrá utilizarla. Es una *buena práctica* identificar la fuente de datos nacionales de la FAO, por ejemplo el Ministerio de Silvicultura o de Agricultura, o alguna organización estadística. Es también una *buena práctica* separar la leña recogida en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales de la que proviene de la conversión de tierras forestales para otros usos.

Nivel 2: Siempre que sea posible, convendría utilizar datos específicos del país. Es una *buena práctica* verificar y suplementar los datos de la FAO mediante cierto número de encuestas y estudios nacionales. También es una *buena práctica* realizar encuestas regionales sobre el consumo de leña para validar la fuente de datos nacionales o de la FAO. A nivel nacional, puede obtenerse una estimación del consumo total de leña mediante encuestas de nivel regional entre hogares rurales y urbanos de diferentes niveles de ingresos, y entre industrias y establecimientos.

Nivel 3: Los datos sobre la tala de madera para leña obtenidos de estudios de nivel nacional se utilizan al nivel de resolución requerido para el modelo del Nivel 3, incluidas las talas no comerciales.

Mediante encuestas de nivel regional o desglosadas, deberían obtenerse datos sobre la recogida tradicional de leña y sobre la tala comercial de leña en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. El consumo de leña depende de los ingresos de los hogares. Por ello, existe la posibilidad de desarrollar modelos que permitan estimar el consumo de leña. Deberían investigarse claramente las fuentes de leña para asegurarse de que no hay doble cómputo como tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y como tierras forestales convertidas a otros usos.

Los países que adopten el Nivel 3 deberían realizar una estimación sistemática del consumo de leña y de sus fuentes, mediante encuestas en los hogares, industrias y establecimientos. Las encuestas podrían realizarse en diferentes condiciones climáticas y socioeconómicas homogéneas mediante un procedimiento estadístico (véase el Capítulo 5, Sección 5.3, en relación con la toma de muestras). El consumo de leña será probablemente diferente en las áreas rurales y urbanas y en las distintas estaciones del año. Por ello, el estudio debería realizarse por separado en las áreas rurales y urbanas y en diferentes estaciones. Podrían desarrollarse también modelos del consumo de leña basados en los ingresos, en el nivel de urbanización, etc.

Si los datos sobre el consumo de leña están conceptuados sólo como madera comercial, deberán convertirse íntegramente a la biomasa total de la masa forestal.

Otras pérdidas

Para estimar otras pérdidas de carbono serán necesarios datos sobre las zonas afectadas por las perturbaciones ($S_{\text{alteración}}$), el promedio de las reservas de biomasa en áreas forestales (B_W), y la fracción de biomasa abandonada que se descompone en el bosque (f_{BD}).

Es una *buena práctica* notificar todas las zonas afectadas por perturbaciones tales como incendios, plagas, brotes de enfermedades o vendavales que se produzcan en tierras forestales gestionadas con independencia de que sean o no consecuencia de actividades humanas. No se incluirán, en cambio, las perturbaciones naturales que acaezcan en bosques no gestionados y que no sean consecuencia de un cambio de uso de la tierra. En función de su intensidad, los incendios, vendavales y plagas afectan a una proporción variable de los árboles de un rodal. Es una *buena práctica* clasificar el área afectada, en la medida de lo posible, con arreglo a la naturaleza e intensidad de las perturbaciones. Las pérdidas de biomasa contabilizadas como cosechas comerciales o como leña no se contabilizarán como pérdidas debidas a otras perturbaciones.

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 consisten en obtener la superficie alterada en el año en curso. Existen algunos datos internacionales disponibles sobre las alteraciones (véase *infra*) pero, en general, la información por defecto es limitada, y para establecer la superficie afectada será necesaria una evaluación nacional que utilice datos disponibles a nivel local sobre el período posterior a la alteración. Existe también la posibilidad de utilizar datos de aerofotogrametrías.

En el caso de los incendios, tanto las emisiones de CO_2 como las de gases distintos del CO_2 proceden de combustibles quemados (biomasa en pie, incluidos sotobosque, restos de tala, madera muerta y detritus). El incendio puede consumir una gran proporción de la vegetación de la fronda. La Sección 3.2.1.4 contiene una metodología para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de incendios, y la Ecuación 3.2.9, para calcular las emisiones de CO_2 procedentes de incendios.

En el Anexo 3A.1 hay varios cuadros que es posible utilizar en relación con la Ecuación 3.2.9.

- El Cuadro 3A.1.12 contiene valores por defecto del factor de combustión que pueden utilizarse como $(1-f_{\text{BD}})$ en caso de que el país disponga de datos de calidad sobre la biomasa de la madera en pie; en tales casos se utilizará el valor de la pérdida común.
- El Cuadro 3A.1.13 contiene valores por defecto para el consumo de biomasa, que pueden utilizarse como $[B_W \cdot (1-f_{\text{BD}})]$ en caso de que los datos sobre la biomasa de madera en pie no sean tan buenos.
- El Cuadro 3A.1.14 contiene valores por defecto para la eficiencia de combustión en aquellos casos en que el incendio se utilice como medio para el cambio de uso de la tierra.

Nivel 2: En el marco del Nivel 2, la variación de la biomasa de madera en pie debida a perturbaciones importantes será tomada en cuenta por categorías de bosque, por tipos de perturbaciones y por intensidades. Los valores medios de las reservas de biomasa se obtienen de los datos nacionales.

Nivel 3: Incluye la estimación de la tasa de crecimiento obtenida mediante dos inventarios, más la pérdida de biomasa procedente de alteraciones que hayan acaecido entre uno y otro inventario. Si no se conoce el año de las alteraciones, el resultado será una reducción de la tasa de crecimiento medio en ese período. Si las alteraciones tienen lugar después del último inventario, las pérdidas tendrán que calcularse como en el Nivel 2.

Una base de datos que puede consultarse sobre la tasa e impacto de las alteraciones naturales por tipos, para todos los países europeos (Schelhaas *et al.*, 2001) es: <http://www.efi.fi/projects/dfde>

Puede consultarse también una base de datos del PNUMA sobre la superficie del planeta quemada, en: <http://www.grid.unep.ch/activities/earlywarning/preview/ims/gba/>

Con todo, hay que señalar que la base de datos del PNUMA sólo es válida para el año 2000. En muchos países, la variabilidad interanual en las áreas quemadas es elevada, por lo que esas cifras no constituirán un promedio representativo.

3.2.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

ÁREAS DE TIERRAS FORESTALES GESTIONADAS

En todos los niveles son necesarios datos sobre el área de tierra forestal gestionada.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan datos de áreas forestales que pueden obtenerse de las estadísticas nacionales, de los servicios forestales (que pueden tener información sobre las zonas en que se realizan diferentes prácticas de gestión), de los organismos de conservación (especialmente respecto de las áreas gestionadas para su regeneración natural), y de municipios, encuestas y organismos cartográficos. Convendría cotejar los datos y asegurarse de que la representación es completa y coherente, para evitar las omisiones o el doble cómputo, como se indica en el Capítulo 2. Si no se dispone de datos nacionales, puede obtenerse información totalizada de fuentes de datos internacionales (FAO, 1995; FAO, 2001; TBFRA, 2000). Es una *buena práctica* verificar, validar y actualizar los datos de la FAO utilizando fuentes nacionales.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan conjuntos de datos nacionales definidos para el país con una resolución suficiente para conseguir una representación apropiada de las áreas de tierra concordante con lo dispuesto en el Capítulo 2.

Nivel 3: En el Nivel 3 se utilizan datos nacionales sobre tierras forestales gestionadas que proceden de diversas fuentes, en particular inventarios forestales nacionales, registros de uso de la tierra y de cambios de uso de la tierra, o teledetección. Esos datos deberían reflejar íntegramente todas las transiciones de uso de una tierra para convertirla en tierra forestal, desglosadas en función del clima, del suelo y de los tipos de vegetación.

3.2.1.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

En la presente sección se examinan las incertidumbres específicas de ciertas fuentes que afectan a las estimaciones de inventarios efectuadas en tierras forestales que lo siguen siendo. La estimación de valores específicos del país y/o desglosados obliga a obtener una información sobre las incertidumbres más exacta que la indicada a continuación. En la Sección 5.3, relativa al muestreo (Capítulo 5), se ofrece información sobre las incertidumbres asociadas a los estudios basados en muestreos.

FACTORES DE EMISIÓN Y DE ABSORCIÓN

En estudios realizados por Hakkila, en Finlandia (1968, 1979), la incertidumbre asociada a la densidad básica de maderas de pino, abeto y abedul (en su mayor parte, tallos) es inferior al 20%. La variabilidad entre poblaciones de bosques debería ser inferior o, como máximo, idéntica a la variabilidad entre árboles. Se concluye que la incertidumbre total de los valores de la densidad de madera básica específicos del país debería situarse en torno al 30%.

Lehtonen *et al.* (2003) analizaron los factores de expansión de biomasa a nivel de rodal en los bosques de Finlandia en que abundan sobre todo el pino, el abeto y el abedul. La incertidumbre de las estimaciones fue de aproximadamente 10%. El estudio se realizó en bosques predominantemente gestionados, por lo que subestimaba en un factor de 2 la variación entre bosques en la zona boreal. Sobre la base de lo que antecede, según las estimaciones de expertos, la incertidumbre total de los FEB debería ser de 30%. La incertidumbre de la relación raíz-vástago será probablemente de ese mismo orden.

La fuente principal de incertidumbre en las estimaciones, cuando se utiliza la densidad de madera por defecto y los FEB, esta relacionada con la posibilidad de aplicar estos parámetros a diversas estructuras de edad y composiciones de determinadas poblaciones de árboles. A fin de reducir la incertidumbre asociada a este problema, se sugiere a los países que desarrollen FEB específicos del país o que compartan experiencias regionales sobre los valores obtenidos para las poblaciones forestales que más se adecuen a sus condiciones. Cuando no se disponga de valores específicos del país o específicos de la región, se verificarán las fuentes de los factores de emisión y absorción por defecto, así como su correspondencia con determinadas condiciones de un país. Se procurará aplicar los valores por defecto que mejor se correspondan con la estructura de las poblaciones, el clima y las condiciones de crecimiento de un país determinado.

Según Vuokila y Väliaho (1980), el incremento de las poblaciones de pino y abeto regeneradas artificialmente en Finlandia varía en un 50% en torno al valor medio. Las causas de tal variación son, entre otras, el clima, las condiciones de crecimiento del lugar, y la fertilidad del suelo. Dado que los rodales regenerados artificialmente y gestionados son menos variables que los bosques boreales naturales, la variabilidad total de los valores de incremento por defecto en esa zona climática se situará previsiblemente en un factor igual a 2. Tomando como referencia la diversidad de especies biológicas superiores de los bosques templados y tropicales, cabe esperar que sus valores de incremento por defecto varíen en un factor de 3. La principal manera de mejorar la exactitud de las estimaciones consiste en aplicar incrementos específicos del país o de ámbito regional, estratificados por tipos de bosque. Cuando se utilicen los valores de incremento por defecto, se indicará y se documentará claramente la incertidumbre de las estimaciones.

Los datos sobre las talas comerciales son relativamente exactos. Por consiguiente, su incertidumbre es inferior al 30%. Sin embargo, los datos sobre las talas totales pueden ser incompletos, debido a las talas ilegales y (o) a los datos no notificados por razones fiscales. Las maderas que se utilizan directamente, que sólo venden o procesan los mismos que han extraído la madera del bosque, probablemente no figurarán en ninguna estadística. Sin embargo, hay que señalar que las talas ilegales y los informes omitidos constituyen, en la mayoría de los casos, una parte menor de las reservas de carbono retiradas de los bosques, por lo que no deberían afectar en gran medida a las estimaciones totales ni a las correspondientes incertidumbres. La cantidad de madera retirada de los bosques después de una tormenta o de la aparición de una plaga varía considerablemente, tanto en tiempo como en volumen. Para ese tipo de pérdidas no es posible indicar datos por defecto. Las incertidumbres asociadas a esas pérdidas pueden estimarse mediante un dictamen de expertos basándose en la cantidad de madera dañada que retira directamente del bosque (si se dispone de ese dato) o en los datos sobre la madera dañada que se utiliza posteriormente para fines comerciales o de otro tipo.

Si se separa la leña de la madera talada, las incertidumbres concomitantes pueden ser elevadas. Las fuentes de datos internacionales proporcionan estimaciones de incertidumbre que pueden utilizarse junto con los datos apropiados sobre la leña. Las incertidumbres en los datos nacionales sobre la recogida de leña pueden obtenerse del servicio forestal local o de un organismo estadístico, o pueden estimarse recurriendo a un experto.

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos actividad deberían obtenerse utilizando los métodos del Capítulo 2. Las incertidumbres se sitúan entre el 1% y el 15% en 16 países europeos (Laitat *et al.*, 2000). La incertidumbre de los métodos de teledetección es de ± 10 -15%. Las subunidades conllevarán una incertidumbre mayor, a menos que se aumente el número de muestras: para un muestreo uniforme en igualdad de condiciones, una superficie igual a la décima parte del total nacional contendrá una décima parte del número de puntos de muestra y, por consiguiente, la incertidumbre será superior en aproximadamente la raíz cuadrada de 10, es decir, en torno a 3,16. Cuando no se disponga de datos nacionales sobre las áreas de tierras forestales, debería acudir a las fuentes internacionales de datos para la realización del inventario, y utilizarse el valor de incertidumbre que indiquen.

3.2.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA

En la presente sección se detallan *buenas prácticas* para estimar las variaciones de las reservas de carbono asociadas a los depósitos de materia orgánica muerta. En las *Directrices del IPCC* se presupone, por defecto, que la variación de las reservas de carbono en esos depósitos no es significativa y puede considerarse nula, es decir, que las aportaciones compensan las pérdidas, de manera que las variaciones netas de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta resultan nulas. Sin embargo, según las *Directrices del IPCC* la materia orgánica muerta debería tenerse en cuenta en los métodos de inventario futuros, ya que la cantidad de carbono en la materia orgánica muerta es un reservorio significativo en muchos bosques del mundo. Obsérvese que sólo será necesario estimar los depósitos de materia orgánica muerta si se escogen el Nivel 2 o el Nivel 3.

Se ofrecen aquí orientaciones con respecto a dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta, y 2) detritus. El Cuadro 3.1.2 de la Sección 3.1.3 contiene definiciones detalladas de esos depósitos. La Ecuación 3.2.10 sintetiza el cálculo que permite determinar esa variación de los depósitos de carbono en la materia orgánica muerta.

<p>ECUACIÓN 3.2.10</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES</p> $\Delta C_{TFTF_{MOM}} = \Delta C_{TFTF_{MM}} + \Delta C_{TFTF_{Dt}}$

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{MOM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (incluye la madera muerta de los detritus) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TFTF_{MM}}$ = variación de las reservas de carbono en madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TFTF_{Dt}}$ = variación de las reservas de carbono en detritus, en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

3.2.1.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

MADERA MUERTA

La madera muerta es un depósito diverso que plantea numerosos problemas prácticos de medición *in situ*, además de las correspondientes incertidumbres sobre las tasas de transferencia a detritus, suelos, o emisiones a la atmósfera. El carbono de la madera muerta varía considerablemente de una masa forestal a otra a lo largo del paisaje, tanto en las gestionadas (Duvall y Grigal, 1999; Chojnacky y Heath, 2002) como, incluso, en las no gestionadas (Spies *et al.*, 1988). Las cantidades de madera muerta dependen de la fecha de la última alteración, de la cantidad de material aportado (mortalidad) en la fecha de la alteración (Spies *et al.*, 1988), de las tasas de mortalidad natural, de la tasa de descomposición, y de la gestión. El planteamiento propuesto reconoce la importancia regional del tipo de bosque, del régimen de alteración y del régimen de gestión con respecto a las reservas de carbono en la madera muerta, y permite incorporar conocimientos y datos científicos disponibles.

DETRITUS

La acumulación de detritus está en función de la cantidad anual de detritus depositados en forma de hojas, briznas y ramillas, frutos, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición. La masa de detritus depende también de la fecha de la última alteración y del tipo de alteración. Durante las primeras etapas del desarrollo de las masas forestales, los detritus aumentan rápidamente. Prácticas de gestión tales como la recolección de madera, la quema de maleza o la preparación del lugar alteran enormemente las propiedades de los detritus (Fisher y Binkley, 2000), pero existen pocos estudios que documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono presente en los detritus (Smith y Heath, 2002).

La metodología propuesta tiene presente el importante impacto del tipo de bosque y del régimen de alteración o de las actividades de gestión sobre el carbono de los detritus, y permite la incorporación de datos y conocimientos científicos. Los supuestos en que se basa son:

- el carbono presente en el depósito de detritus termina alcanzando un valor estable, promediado espacialmente, que es específico del tipo de bosque, del régimen de alteración y de la práctica de gestión;
- los cambios conducentes a un nuevo valor estable del carbono en detritus se producen a lo largo de un tiempo de transición. Una de las columnas del Cuadro 3.2.1 contiene factores por defecto actualizados respecto del periodo de transición. El valor del carbono en detritus suele estabilizarse antes que las reservas de biomasa sobre el suelo; y
- el secuestro de carbono durante la transición a un nuevo estado de equilibrio es lineal.

3.2.1.2.1.1 Elección del método

En función de los datos disponibles, el país puede llegar a un nivel diferente para los depósitos de madera muerta y de detritus.

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en madera muerta

Las *Directrices del IPCC* no señalan como imprescindible la estimación o la notificación de la madera muerta o de los detritus, ya que se supone que el valor de esos depósitos se mantendrá, en promedio, constante a lo largo del tiempo y las entradas en los depósitos de materia muerta quedarán compensados por las salidas. En la OBP se mantiene este supuesto por defecto, pero se ofrecen sugerencias para la notificación de datos en niveles superiores, tanto para los fines de la Convención como para cumplir los requisitos del Capítulo 4.

La variación de las reservas de carbono en madera muerta para una superficie de tierra forestal dada puede calcularse indistintamente mediante la Ecuación 3.2.11 o mediante la Ecuación 3.2.12. Las superficies de tierra forestal se categorizarán por tipos de bosque, por regímenes de alteración, por regímenes de gestión o por otros factores que afecten notablemente a los depósitos de carbono en madera muerta. Las emisiones brutas de CO₂ procedentes de la madera muerta se calcularán como parte integrante de la Ecuación 3.2.11 en el Nivel 2 o en el Nivel 3.

<p>ECUACIÓN 3.2.11</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (OPCIÓN 1)</p> $\Delta C_{TFTF_{MM}} = [S \bullet (B_{\text{hacia}} - B_{\text{desde}})] \bullet FC$
--

Donde:

$\Delta C_{TFTF_{MM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

S = superficie de tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en ha

B_{hacia} = transferencia anual media hacia madera muerta, en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹

B_{desde} = transferencia anual media desde madera muerta, en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹

FC = fracción de carbono en materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

La transferencia anual al depósito de madera muerta, B_{hacia} , incluye la biomasa talada para la recolección pero abandonada en el lugar, la mortalidad natural, y la biomasa procedente de árboles muertos por incendios u otras perturbaciones pero no emitida en la fecha de la alteración. La transferencia anual media proveniente del depósito de madera muerta, B_{desde} , representa las emisiones de carbono del depósito de madera muerta. Para calcular éstas se multiplicará las reservas de carbono en madera muerta por una tasa de descomposición. Las *Directrices del IPCC* se basan en el supuesto de que B_{hacia} y B_{desde} se compensarán entre sí, de modo que $\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{MM}}}$ será igual a 0.

La ecuación escogida dependerá de los datos disponibles. Puede ser difícil medir las transferencias hacia y desde un depósito de madera muerta en el caso de la Ecuación 3.2.11. El método de la variación de reservas descrito en la Ecuación 3.2.12 se utiliza con datos obtenidos de un muestreo, con arreglo a los principios establecidos en la Sección 5.3.

ECUACIÓN 3.2.12
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES (OPCIÓN 2)

$$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{MM}}} = [S \bullet (B_{t_2} - B_{t_1}) / T] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{MM}}}$ = variación anual en las reservas de carbono en la madera muerta en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

S = superficie de tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en ha

B_{t_1} = reservas de madera muerta en el momento t_1 para tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de m.s. ha⁻¹

B_{t_2} = reservas de madera muerta en el momento t_2 (momento anterior) para tierras forestales gestionadas que siguen siendo tierras forestales, en toneladas m.s. ha⁻¹

T (= $t_2 - t_1$) = período comprendido entre el momento de la segunda estimación de reservas y el momento de la primera estimación de reservas, en años

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto = 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1.6) es útil para seleccionar el nivel apropiado con objeto de aplicar los procedimientos de estimación. Teóricamente, las Ecuaciones 3.2.11 y 3.2.12 deberían arrojar las mismas estimaciones de carbono. En la práctica, la disponibilidad de datos y la exactitud deseada determinarán la ecuación escogida.

Nivel 1 (por defecto): Las *Directrices del IPCC*, en concordancia con el sistema de notificación del Nivel 1, se basan en el supuesto de que el valor promedio de la tasa de transferencia al depósito de madera muerta es igual a la tasa de transferencia desde el depósito de madera muerta, de tal manera que la variación neta sea nula. Partiendo de ese supuesto, no habrá que cuantificar la magnitud del depósito de carbono en la madera muerta. Se sugiere que aquellos países que experimenten variaciones significativas de los tipos de bosque, o de los regímenes de alteración o gestión de sus bosques, obtengan datos de nivel nacional para cuantificar esas repercusiones y los notifiquen con arreglo a los Niveles 2 ó 3.

Nivel 2: La utilización de la Ecuación 3.2.11 o de la Ecuación 3.2.12 dependerá del tipo de datos disponibles a nivel nacional. Los datos de actividad son definidos por el país en función de los tipos de bosque significativos, de los regímenes de alteración o de gestión, o de otras variables importantes que afecten al depósito de madera muerta. Cuando se utiliza la Ecuación 3.2.11, las tasas de transferencia se determinan para el país en cuestión o se obtienen de fuentes regionales concordantes, por ejemplo de países colindantes. Para estimar las emisiones de carbono procedentes de las reservas de madera muerta se utilizan las tasas de descomposición específicas del país. La Ecuación 3.2.12 se utiliza cuando se conocen los valores por defecto de las reservas de carbono en madera muerta específicos del país.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 se utilizan cuando los países disponen de factores de emisión específicos y de una metodología coherente a nivel nacional. La metodología definida por el país puede estar basada en inventarios detallados de los bosques gestionados del país en parcelas de muestreo permanentes, y/o en modelos. El diseño estadístico del inventario, en concordancia con los principios establecidos en el Capítulo 5, proporcionará información sobre las incertidumbres asociadas al inventario. Los modelos utilizados se ajustarán a los principios estipulados en el Capítulo 5. La utilización de la Ecuación 3.2.11 o de la Ecuación 3.2.12 dependerá de los datos y de la metodología disponibles.

DETRITUS

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en detritus

Para estimar la variación de las reservas de carbono en los detritus se calculará la variación anual neta de las reservas en detritus para un área de tierra forestal que experimente una transición del estado i al estado j , como en la Ecuación 3.2.13:

ECUACIÓN 3.2.13
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITOS EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Dt}}} = \sum_{i,j} [(C_j - C_i) \bullet S_{ij}] / T_{ij},$$

donde,

$$C_i = D_{\text{ref}(i)} \bullet f_{\text{intensidad gest}(i)} \bullet f_{\text{régimen alt}(i)}$$

Donde:

 $\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Dt}}}$ = variación anual de las reservas de carbono en detritus, en toneladas de C año⁻¹
 C_i = reservas estables en detritus, en el estado anterior i , en toneladas de C ha⁻¹
 C_j = reservas estables en detritus, en el estado actual j , en toneladas de C ha⁻¹
 S_{ij} = superficie forestal que experimenta una transición del estado i al estado j , en ha

 T_{ij} = duración de la transición entre el estado i y el estado j , en años. El valor por defecto es 20 años

 $D_{\text{ref}(i)}$ = valor de referencia de las reservas en los detritus de bosques nativos, no gestionados, correspondiente al estado i , en toneladas de C ha⁻¹
 $f_{\text{intensidad gest}(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad de gestión o de las prácticas de gestión en D_{ref} en el estado i , sin dimensiones

 $f_{\text{régimen alt}(i)}$ = factor de ajuste que refleja un cambio del régimen de alteración con respecto a D_{ref} en el estado i , sin dimensiones

Los factores de ajuste por defecto que reflejan el efecto de la intensidad de gestión o del régimen de alteración tienen un valor de 1,0. En ocasiones, los datos sobre depósitos de detritus se obtienen en términos de materia seca, y no de carbono. Para convertir en carbono la masa de detritus expresada en materia seca se multiplicará el valor de la masa por un valor por defecto igual a 0,370 (Smith y Heath, 2002), y no la fracción de carbono utilizada para la biomasa.

Se supone que la transición de C_i a C_j tiene lugar durante un período de transición de T años (valor por defecto: 20 años). La variación total del depósito de carbono en detritus en un año cualquiera es igual a la suma de las emisiones/absorciones anuales para todas las tierras forestales que han experimentado cambios en el tipo de bosque, en las prácticas de gestión o en los regímenes de alteración durante un período de tiempo inferior a T años. El Cuadro 3.2.1 contiene valores por defecto actualizados de las reservas de carbono en detritus para tierras forestales maduras que siguen siendo forestales, tasas de acumulación netas para el valor por defecto de 20 años, valores actualizados de la duración del período de transición por defecto, y tasas de acumulación netas para el valor actualizado de los períodos de transición por defecto.

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1.6) puede ayudar a seleccionar el nivel apropiado para aplicar los procedimientos de estimación.

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, según los métodos de notificación del Nivel 1, se supone que la tasa de transferencia media al depósito de detritus es igual a la tasa de transferencia desde el depósito de detritus, de modo que la variación neta sea igual a 0. Según este supuesto, no es necesario cuantificar la magnitud del depósito en detritus. Se sugiere a los países que experimenten cambios importantes en el tipo de bosque o en los regímenes de alteración o de gestión de sus bosques que obtengan datos de ámbito nacional para cuantificar esa repercusión, y que los notifiquen con arreglo a los Niveles 2 ó 3.

Nivel 2: En este nivel se utiliza la Ecuación 3.2.13, o una formulación de la Ecuación 3.2.11, para el carbono en detritus, en función del tipo de datos disponibles a nivel nacional. Los datos de actividad son definidos por el país en función del tipo de bosque, del régimen de alteración o de gestión, o de otras variables importantes que afecten al depósito de la madera muerta. Cuando se hayan determinado las tasas de transferencia para ese país, o se hayan obtenido de fuentes regionales concordantes, por ejemplo de países colindantes, se utilizará la Ecuación 3.2.11, formulada para detritus. Para estimar las emisiones de carbono provenientes de las reservas de madera muerta se utilizarán tasas de disminución específicas del país. La Ecuación 3.2.12 se utiliza cuando los depósitos de carbono en detritus han sido medidos de manera consistente a lo largo del tiempo.

Nivel 3: La metodología para estimar las variaciones del carbono en detritus conlleva el desarrollo, la validación y la aplicación de un plan de inventario nacional o de sistemas de inventario utilizados con los modelos. En este nivel los depósitos están más relacionados, posiblemente por la obtención de mediciones o de muestras de todos los depósitos forestales en un mismo lugar. Dada la variabilidad espacial y temporal y la incertidumbre asociada al carbono en detritus, se sugiere que los países en que la variación del C en detritus procedente de bosques gestionados sea una categoría esencial cuantifiquen esas variaciones mediante inventarios de tipo estadístico o mediante modelos avanzados que hayan probado su capacidad para predecir con exactitud las variaciones específicas del lugar. El formato estadístico del inventario, con arreglo a los principios establecidos en el Capítulo 5, proporcionará información sobre las incertidumbres asociadas al inventario. Los modelos utilizados se ajustarán a los principios estipulados en el Capítulo 5. La utilización de la Ecuación 3.2.13 o de una variante para detritus de la Ecuación 3.2.11 dependerá de los datos y de la metodología disponibles.

CUADRO 3.2.1								
VALORES POR DEFECTO ACTUALIZADOS DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITUS (EN TONELADAS DE C HA ⁻¹) Y DE LOS PERÍODOS DE TRANSICIÓN (EN AÑOS)								
(La acumulación anual neta del carbono en detritus esta basada principalmente en datos sobre bosques gestionados, y en un período por defecto de 20 años)								
Clima	Tipo de bosque							
	Frondoso Caducifolio	Conífero Perenne	Frondoso Caducifolio	Conífero Perenne	Frondoso Caducifolio	Conífero Perenne	Frondoso Caducifolio	Conífero Perenne
	Carbono almacenado en detritus en bosques maduros (toneladas de C ha ⁻¹)		Duración del período de transición (años)		Acumulación anual neta de C en detritus durante el período de transición ^{bc} (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹)		Acumulación neta de C en detritus, basada en un período por defecto de 20 años (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹)	
Boreal, seco	25 (10-58)	31 (6-86)	50	80	0,5	0,4	1,2	1,6
Boreal, húmedo	39 (11-117)	55 (7-123)	50	80	0,8	0,7	2,0	2,8
Templado frío, seco	28 (23-33) ^a	27 (17-42) ^a	50	80	0,6	0,4	1,4	1,4
Templado frío, húmedo	16 (5-31) ^a	26 (10-48) ^a	50	50	0,3	0,5	0,8	1,3
Templado cálido, seco	28,2 (23,4-33,0) ^a	20,3 (17,3-21,1) ^a	75	75	0,4	0,3	1,4	1,0
Templado cálido, húmedo	13 (2-31) ^a	22 (6-42) ^a	50	30	0,3	0,7	0,6	1,1
Subtropical	2,8 (2-3)	4,1	20	20	0,1	0,2	0,1	0,2
Tropical	2,1 (1-3)	5,2	20	20	0,1	0,3	0,1	0,3

Fuente: Siltanen *et al.*, 1997; y Smith y Heath, 2002; Tremblay *et al.*, 2002; y Vogt *et al.*, 1996, convertidos de unidades de masa en unidades de carbono multiplicando por el factor de conversión 0,37 (Smith y Heath, 2002).

Nota: Edades tomadas de Smith y Heath (2002).

^a Los valores entre paréntesis que llevan "a" son los percentiles 5° y 95° obtenidos en simulaciones de parcelas de inventario, y los valores sin "a" representan el intervalo de valores completo.

^b Estas columnas indican el aumento anual del carbono en detritus partiendo de un suelo desnudo en tierras convertidas en tierras forestales

^c Obsérvese que las tasas de acumulación representan carbono que está siendo absorbido de la atmósfera. Sin embargo, en ciertas metodologías pueden consistir en transferencias de otros depósitos.

3.2.1.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

MADERA MUERTA

Nivel 1: Por defecto, se supondrá que las reservas de carbono en la madera muerta son estables en el conjunto de los bosques gestionados que siguen siendo bosques.

Nivel 2: Los valores específicos del país respecto de la transferencia de carbono en árboles vivos recolectados para obtener residuos pueden derivarse de los valores nacionales de los factores de expansión, teniendo presente el tipo de bosque (conífero/frondoso/mixto), la tasa de utilización de biomasa, las prácticas de recolección, y la cantidad de árboles dañados durante las operaciones de recolección. Los valores específicos del país respecto de los regímenes de alteración pueden obtenerse mediante estudios científicos. Si se obtienen factores de aporte específicos del país, los correspondientes factores de pérdida de los regímenes de recolección y de alteración se obtendrán también como datos específicos del país.

Nivel 3: En el Nivel 3, los países desarrollarán sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones en la madera muerta. Estos modos de trabajo se adoptarán en el marco del inventario nacional de bosques, realizando un muestreo periódico conforme a los principios establecidos en la Sección 5.3, que pueden utilizarse con estudios de modelización para emular la dinámica de todos los depósitos de tipo forestal. Los métodos del Nivel 3 proporcionan estimaciones con un grado de certidumbre mayor que los niveles inferiores, y en ellos los depósitos forestales están más vinculados. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que proporcionan, para cada tipo de perturbación, un esquema de reasignación de carbono entre diferentes depósitos (Kurz y Apps, 1992). Otros parámetros importantes para elaborar un modelo del balance del carbono en la madera muerta son las tasas de descomposición, que pueden variar en función del tipo de madera, de las condiciones microclimáticas, y de los procedimientos de preparación del lugar (p. ej, quemadas controladas, o

quemadas en pira). La Ecuación 3.2.12 puede utilizarse con datos de muestra obtenidos con arreglo a los principios establecidos en la Sección 5.3. En el Cuadro 3.2.2 se ofrecen datos que pueden ser útiles para establecer intercomparaciones entre modelos, pero que no son adecuados como valores por defecto.

CUADRO 3.2.2		
VALORES POR DEFECTO ACTUALIZADOS DE LAS TASAS DE MORTALIDAD NATURAL, DE LAS RESERVAS DE MADERA MUERTA, Y DE LA RELACIÓN UNIDADES VIVAS/UNIDADES MUERTAS		
(Obsérvese que estos valores están basados principalmente en bosques seminaturales y casi naturales)		
Bioma^a	Tasa de mortalidad media (fracción anual de biomasa en pie)	Coficiente de variación/Número de rodales
Bosque tropical	0,0177	0,616/61
Bosque perenne	0,0116	1,059/49
Bosque caducifolio	0,0117	0,682/29
	Promedio (mediana) de las reservas en madera muerta	Coficiente de variación/Número de rodales
Bosque tropical	18,2	2,12/37
Bosque perenne	43,4	1,12/64
Bosque caducifolio	34,7	1,00/62
	Promedio (mediana) del cociente material muerta/material viva	Coficiente de variación/Número de rodales
Bosque tropical	0,11	0,75/10
Bosque perenne	0,20	1,33/18
Bosque caducifolio	0,14	0,77/19
Fuentes: Harmon, M. E., O. N. Krankina, M. Yatskov, y E. Matthews. 2001. Predicting broad-scale carbon stores of woody detritus from plot-level data. Pp. 533-552 En: Lal, R., J. Kimble, B. A. Stewart, Assessment Methods for Soil Carbon, CRC Press, Nueva York		
^a Para la delimitación de los biomas, véase la Figura 3.1.3.		

DETRITUS

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, y en concordancia con la notificación según el Nivel 1, se ha supuesto que las entradas y las salidas de detritus se compensan mutuamente, por lo que los depósitos se suponen estables. Se sugiere a los países que experimenten cambios importantes del tipo de bosque o de los regímenes de alteración o de gestión de sus bosques que obtengan datos de ámbito nacional para cuantificar ese impacto y que lo notifiquen en el marco de los Niveles 2 ó 3. Los valores por defecto figuran en el Cuadro 3.2.1. Estos valores podrán utilizarse como cálculo aproximado para determinar si el carbono en detritus es una categoría esencial, o para comprobar los valores específicos del país.

Nivel 2: Es una *buen práctica* utilizar los datos nacionales sobre los detritus para diferentes categorías de bosque, en combinación con valores por defecto si no se dispone de valores nacionales o regionales para algunas categorías de bosque. En el Cuadro 3.2.1 se ofrecen datos por defecto actualizados sobre las reservas en detritus, que no serán, sin embargo, sustitutivos de los datos nacionales cuando se disponga de éstos.

Nivel 3: Se dispone de estimaciones nacionales del carbono en detritus desglosadas para diferentes tipos de bosque y regímenes de alteración y de gestión, basándose en las mediciones obtenidas de los inventarios forestales nacionales o de un Programa especializado en inventarios de gases de efecto invernadero (GEI).

3.2.1.2.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad consisten en superficies forestales que lo siguen siendo, resumidas por principales tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. La superficie forestal total será coherente con las notificadas en virtud de otras secciones del presente capítulo, y en particular de la Sección 3.2.1.1. Las variaciones en la materia orgánica muerta podrían evaluarse mucho más fácilmente si esa información pudiera utilizarse con datos de ámbito nacional sobre el clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos. Los resúmenes por áreas del depósito en desperdicios pueden ser diferentes de los del depósito en madera muerta cuando los factores de emisión no varían para ciertos datos de actividad, por ejemplo, los clasificados por prácticas de gestión.

Las fuentes de datos variarán según el sistema de gestión forestal de un país, desde la realizada por contratistas o por empresas individuales hasta la que depende de órganos de reglamentación y organismos estatales responsables del inventario y gestión de los bosques, o de instituciones de investigación. El formato de los datos variará considerablemente, y podrá consistir en informes de actividad presentados regularmente en el marco de programas de incentivo o con arreglo a lo reglamentado, en inventarios de gestión de bosques o en imágenes obtenidas por teledetección.

3.2.1.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre asociada a los métodos del Nivel 3 es tan alta que, simplemente, se supuso que los depósitos de materia orgánica muerta eran estables durante el crecimiento de los bosques gestionados. Se supuso que el residuo de tala resultante de la recolección se descomponía instantáneamente en el momento de la recolección, emitiendo la totalidad de su masa en forma de dióxido de carbono. Se ignoraron las emisiones procedentes de la materia orgánica muerta causadas por perturbaciones tales como incendios, plagas de insectos o enfermedades. Se ignoró asimismo la dinámica del depósito de carbono en los detritus. Cuando se presupone un valor de emisiones nulo, la descripción de la incertidumbre en términos de porcentaje de las emisiones arroja un resultado indeterminado. Todo porcentaje multiplicado por 0 es igual a 0.

MADERA MUERTA

Puede estimarse que el 25% de la cantidad de C en los depósitos de biomasa viva es una cota máxima para el nivel de carbono contenido en la madera muerta. En términos absolutos, el valor máximo del C en la madera muerta es el 25% de la cantidad de C presente en los depósitos de biomasa viva, dividido por 5. Al dividir por 5, se simula la descomposición de la madera muerta a lo largo de cinco años. La utilización de datos de inventario y de modelos regionales y específicos del país en el marco de los Niveles 2 y 3 permite reducir notablemente las incertidumbres. Es posible preparar una encuesta sobre la madera muerta con un nivel de precisión dado. Para la madera muerta, pueden ser razonables unos valores determinados por el país comprendidos entre $\pm 30\%$.

DETRITUS

Un análisis de los intervalos de valores del Cuadro 3.2.1 permitirá hacerse una idea de los valores de incertidumbre por defecto en el caso de los detritus. Para los depósitos en detritus, la incertidumbre será un factor aproximadamente igual a 1. Para las tasas de emisión o de secuestro, la incertidumbre es también un factor aproximadamente igual a 1. La utilización de datos y de modelos de inventario regionales y específicos del país en los Niveles 2 y 3 permite reducir notablemente las incertidumbres.

3.2.1.3 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

En la presente sección se examinan diversos procedimientos de estimación y *buenas prácticas* para estimar la variación de las reservas de carbono con origen y destino en suelos forestales. Se ofrecen orientaciones por separado para dos tipos de depósitos de carbono en suelos forestales: 1) la fracción orgánica de suelos forestales minerales, y 2) los suelos orgánicos. La variación de las reservas de carbono en suelos de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales ($\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Suelos}}}$) es igual a la suma de las variaciones de las reservas de carbono en suelos minerales ($\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Minerales}}}$) y en suelos orgánicos ($\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Orgánicos}}}$).

En la presente Orientación no se examinará el depósito de carbono en suelos inorgánicos, aunque se apunta la necesidad de unos procedimientos analíticos para los suelos que discriminen entre las fracciones orgánica e inorgánica cuando esta última sea importante.

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Se designa con este término un complejo de partículas y de moléculas orgánicas amorfas y de gran tamaño resultantes de la humidificación de los detritus sobre el suelo y bajo el suelo, e incorporadas en el suelo como partículas libres, o ligadas a partículas de suelos minerales. Contiene también ácidos orgánicos, microorganismos muertos y vivos, y sustancias sintetizadas a partir de sus productos de descomposición (Johnson *et al.*, 1995).

Es una *buena práctica* separar los suelos forestales minerales de los orgánicos, ya que los procedimientos de estimación por defecto son diferentes.

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN SUELOS FORESTALES MINERALES

En términos mundiales, el contenido de carbono orgánico de los suelos forestales minerales (hasta 1 m de profundidad) varía entre menos de 10 y casi 20 kg C m⁻², con grandes desviaciones estándar (Jobbagy and Jackson, 2000). Hasta esa profundidad, los suelos forestales minerales contienen aproximadamente 700 Pg de C (Dixon *et al.*, 1994). Dado que el aporte de materia orgánica proviene en gran medida de los detritus sobre el suelo, la materia orgánica de los suelos forestales tiende a concentrarse en los horizontes de suelo superiores, de manera que en los 100 cm más externos de un suelo mineral casi la mitad del carbono orgánico del suelo está contenido en los 30 cm superiores. El carbono contenido en el perfil superior suele ser el que más fácilmente se descompone, y el más directamente expuesto a perturbaciones naturales y antropógenas.

Debido a la falta de coherencia en las clasificaciones no existe una estimación a nivel mundial del contenido de carbono en suelos orgánicos forestados. Zoltai y Martikainen (1997) han estimado que las turberas forestadas abarcan entre 70 y 88 Mha (basándose en una profundidad mínima de 30 cm), con un contenido mundial de carbono del orden de 500 Pg.

RECUADRO 3.2.1
SUELOS ORGÁNICOS, TURBERAS Y HUMEDALES

Las expresiones "suelos orgánicos" y "turberas" se utilizan a veces como sinónimos en las publicaciones, aunque el término "turba", más comúnmente utilizado en las publicaciones ecológicas, en realidad hace referencia al origen del material orgánico, principalmente fragmentos de moho formados en condiciones anaeróbicas. La mera presencia de turba no es suficiente para definir un suelo como orgánico. Observéese que, aunque los suelos orgánicos pueden estar recubiertos de capas de DFH (detritus, fermentación y humus), tales capas orgánicas no están presentes en un entorno anaeróbico.

Los humedales se identifican y se clasifican en base a sus propiedades hidrológicas, es decir, en función del predominio de las condiciones anaeróbicas. Los cenagales son humedales con un sustrato orgánico.

A los efectos del presente documento, deberían incluirse en la evaluación todos los suelos orgánicos de un bosque gestionado, con independencia del origen de su materia orgánica o del régimen hidrológico del suelo.

3.2.1.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La materia orgánica del suelo se encuentra en un estado de equilibrio dinámico entre entradas y salidas de carbono orgánico. Las entradas están determinadas en gran medida por la productividad del bosque, la descomposición de los detritus y su incorporación al suelo mineral; y, además, por las tasas de descomposición de la materia orgánica y el retorno del carbono a la atmósfera mediante salidas de control de respiración (Pregitzer, 2003). Otras pérdidas de carbono orgánico del suelo se derivan de la erosión o de la disolución del carbono orgánico, aunque estos procesos no producen necesariamente emisiones de carbono inmediatas.

Por lo general, las actividades humanas y otras perturbaciones alteran la dinámica del carbono en los suelos forestales. Los cambios de tipo de bosque, de productividad, de las tasas de descomposición y de las perturbaciones pueden modificar efectivamente el contenido de carbono de los suelos forestales. Diferentes actividades de gestión forestal, como la duración de la rotación, las prácticas de recolección (árbol entero o trozas de sierra; regeneración, tala parcial o aclareo), las actividades de preparación del lugar (incendios prescritos, escarificación del suelo) o la fertilización interfieren en mayor o menor medida con el carbono orgánico del suelo (Harmon y Marks, 2002; Liski *et al.*, 2001; Johnson y Curtis, 2001). Es también previsible que la variación de los regímenes de alteración, particularmente en casos de incendio forestal grave, aparición de plagas y otras perturbaciones con sustitución de la masa forestal, alteren el depósito de carbono en suelos forestales (Li y Apps, 2002; de Groot *et al.*, 2002).

SUELOS MINERALES

Pese al creciente volumen de publicaciones sobre los efectos del tipo de bosque, de las prácticas de gestión y de otras perturbaciones sobre el carbono orgánico de los suelos, la evidencia disponible sigue siendo, en gran medida, específica de determinados lugares o estudios, y está en buena parte influenciada por las condiciones climáticas, las propiedades del suelo, la escala temporal, la profundidad de suelo contemplada y la intensidad del muestreo (Johnson y Curtis, 2001; Hoover, 2003; Page-Dumroese *et al.*, 2003). Los conocimientos actuales siguen siendo inconcluyentes con respecto a la magnitud y dirección de la variación de las reservas de carbono en suelos forestales minerales asociadas a un tipo de bosque o gestión y a otras perturbaciones, y no permiten extraer conclusiones generales.

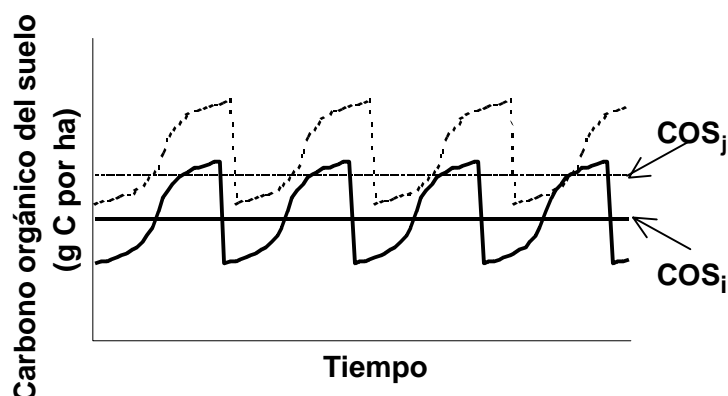
La metodología propuesta reconoce el impacto, importante a escala regional, del tipo de bosque, de las actividades de gestión o de los regímenes de alteración sobre el balance de carbono de los suelos forestales minerales, y permite incorporar los datos y conocimientos científicos disponibles. Sin embargo, debido al carácter incompleto de los fundamentos científicos y a la incertidumbre que ello entraña, se asume el supuesto, adoptado en las *Directrices del IPCC*, de que las reservas de carbono en suelos forestales permanecen constantes, razón por la cual no se proporcionarán datos por defecto en el Nivel 1.

Conceptualmente, la metodología de los valores por defecto presupone para los suelos forestales un contenido de carbono estable y promediado espacialmente en los suelos minerales con arreglo a determinados tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. Este valor de equilibrio resulta alterado cuando tales estados o condiciones varían. Se adoptan los supuestos siguientes:

- i) el carbono orgánico del suelo (COS) en los bosques alcanza a lo largo del tiempo un valor estable, promediado espacialmente, que es específico del suelo, del tipo de bosque y de las prácticas de gestión (por ejemplo, en plantaciones de coníferas tropicales en suelos de baja actividad). Este valor es un COS promediado en el tiempo cuyo valor de estimación óptimo se obtiene a lo largo de varias rotaciones o ciclos de alteración (Figura 3.2.1);

- ii) los cambios de tipo de bosque o de gestión conducentes a un nuevo valor estable del COS se producen durante un tiempo de transición igual a la duración de una rotación o al intervalo de retorno de las perturbaciones naturales, en años;
- iii) el secuestro/liberación de COS durante la transición a un nuevo COS en equilibrio se produce de manera lineal.

Figura 3.2.1 Dos valores de carbono orgánico del suelo promediados en el tiempo correspondientes a diferentes combinaciones de suelos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración.



SUELOS ORGÁNICOS

Al igual que en los suelos minerales, la acumulación o pérdida de carbono en suelos orgánicos se debe a un equilibrio entre entradas y salidas. Cuando las condiciones de lluvia o humedad dificultan en mayor o menor medida la descomposición de la materia orgánica, el aporte de materia orgánica puede ser superior a las pérdidas por descomposición, y la materia orgánica se acumula. El carbono liberado de los suelos orgánicos saturados a la atmósfera reviste casi siempre la forma de CH_4 , mientras que en condiciones aeróbicas el flujo de C a la atmósfera se produce mayormente en forma de CO_2 . La dinámica del C en los suelos orgánicos está estrechamente vinculada a los regímenes hidrológicos del lugar: la humedad disponible, la profundidad de la capa freática, y las condiciones de reducción-oxidación (Clymo, 1984; Thormann *et al.*, 1999); aunque también la composición de la especie y la química de los detritus (Yavitt *et al.*, 1997). Este depósito de C responderá con facilidad a las actividades o sucesos que afecten a las condiciones de aireación y de descomposición.

El drenaje de los suelos orgánicos libera CO_2 por oxidación de la materia orgánica en la capa aeróbica, aunque esta pérdida de carbono puede resultar parcial o totalmente compensada por: 1) un mayor aporte de materia orgánica proveniente de la región superior; o 2) una disminución de los flujos naturales de CH_4 . La magnitud de las emisiones de CO_2 está relacionada con la profundidad del drenaje, con la fertilidad y consistencia de la turba, y con la temperatura (Martikainen *et al.*, 1995). El abandono del drenaje de los suelos orgánicos reduce estas emisiones de CO_2 y puede incluso restablecer el potencial de secuestro neto de carbono en los suelos orgánicos forestados (véase también la Sección 3a.3.2 (Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba) del Apéndice 3a.3, y la Sección 3.2.1.4 (Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2)). El CO_2 liberado de la oxidación de la materia orgánica tras el drenaje se considera antropógeno. Las emisiones procedentes de turberas forestadas no drenadas y no gestionadas se consideran naturales, por lo que no son tenidas en cuenta.

Otras actividades de gestión forestal alterarán probablemente la dinámica del C en los suelos orgánicos subyacentes. La recolección, por ejemplo, puede causar un aumento de la capa freática debido a una menor interceptación, evaporación y transpiración (Dubé *et al.*, 1995).

Aunque hay ciertos indicios del efecto de las actividades antropógenas sobre los suelos orgánicos forestados, los datos y la información siguen siendo en gran medida específicos del lugar, y difícilmente se prestan a generalizaciones. El flujo de carbono neto de los suelos orgánicos suele estimarse directamente a partir de mediciones efectuadas en cámara o en torre de flujo (Lafleur, 2002).

3.2.1.3.1.1 Elección del método

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en el suelo SUELOS MINERALES

Conceptualmente, las emisiones o absorciones de carbono del depósito de suelos forestales minerales pueden calcularse en forma de variaciones anuales de las reservas de carbono orgánico del suelo para un área de tierras forestales que experimente una transición del estado i al estado j , donde cada estado corresponde a una combinación dada de tipo de bosque, intensidad de gestión y régimen de alteración. Esta idea queda ilustrada en la Ecuación 3.2.14:

ECUACIÓN 3.2.14

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES EN TIERRAS FORESTALES QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Minerales}}} = \sum_{ij} [(COS_j - COS_i) \bullet S_{ij}] / T_{ij}$$

donde,

$$COS_i = COS_{\text{ref}} \bullet f_{\text{tipo bosque}(i)} \bullet f_{\text{intensidad gest}(i)} \bullet f_{\text{régimen alt}(i)}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{minerales}}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

COS_i = reservas estables de carbono orgánico del suelo en el estado anterior i , en toneladas de C ha⁻¹

COS_j = reservas estables de carbono orgánico del suelo en el estado actual j , en toneladas de C ha⁻¹

S_{ij} = superficie forestal que experimenta una transición del estado i al estado j , en ha

T_{ij} = duración de la transición de COS_i a COS_j , en años. El valor por defecto son 20 años

COS_{ref} = reservas de carbono de referencia en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado, en toneladas de C ha⁻¹

$f_{\text{tipo bosque}(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio de bosque nativo a un tipo de bosque en el estado i , sin dimensiones

$f_{\text{intensidad gest}(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad de gestión o de las prácticas de gestión sobre el bosque en el estado i , sin dimensiones

$f_{\text{régimen alt}(i)}$ = factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio del régimen de alteración al estado i con respecto al bosque nativo, sin dimensiones

Se supondrá que la transición de COS_i a COS_j tiene una duración de T años (valor por defecto: 20 años). En otras palabras, $\Delta C > 0$ siempre y cuando hayan transcurrido menos de T años desde el comienzo del cambio del tipo de bosque, de las prácticas de gestión o del régimen de alteración. Los cambios de COS totales en un año cualquiera son iguales a la suma de las emisiones/absorciones anuales para todos los tipos de bosque que han experimentado cambios del tipo de bosque, de las prácticas de gestión o de los regímenes de alteración durante un periodo inferior a T años.

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 (Sección 3.1) puede servir de ayuda para seleccionar el nivel apropiado que permita aplicar los procedimientos de estimación.

Nivel 1: Este nivel es apropiado para los países que utilizan el procedimiento por defecto de las *Directrices del IPCC*, o para los países en que esta subcategoría no es importante y no existen apenas datos específicos del país sobre el COS de los suelos forestales minerales con los tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración dominantes. Las metodologías del Nivel 1 están basadas en el supuesto de que cuando el bosque sigue siendo bosque las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo no varía, con independencia de los cambios de gestión del bosque, del tipo de bosque o del régimen de alteración (es decir, $COS_j = COS_i = \dots = COS_n$); en otras palabras, las reservas de carbono en los suelos minerales permanecen constantes siempre y cuando las tierras sigan siendo bosques.

Nivel 2: Los países en que esta subcategoría es importante deberían desarrollar o seleccionar unos factores de ajuste $f_{\text{tipo bosque}}$, $f_{\text{intensidad gest}}$ y $f_{\text{régimen alt}}$ representativos que reflejen el impacto de diferentes tipos de bosque, prácticas de gestión o regímenes de alteración sobre el COS mineral, y un valor de COS_{ref} para sus propios ecosistemas forestales nativos no gestionados. Se desarrollarán valores de ámbito nacional para el período de transición T , y podrá modificarse el supuesto de que las tasas de variación del COS son lineales, a fin de reflejar mejor la dinámica temporal real del secuestro o liberación del carbono del suelo.

Nivel 3: El Nivel 3 es apropiado para los países en que las emisiones/absorciones en los suelos minerales de sus bosques gestionados son importantes, mientras que los conocimientos actuales y los datos disponibles permiten desarrollar una metodología de estimación exacta y de alcance completo a nivel nacional. Para ello es necesario desarrollar, validar y aplicar un plan de vigilancia de ámbito nacional y/o una herramienta de modelización,

junto con los parámetros correspondientes. Los elementos básicos de toda metodología específica de un país están adaptados de Webnet Land Resource Services Pty Ltd, 1999:

- estratificación por zonas climáticas, por tipos de bosque principales y por regímenes de gestión, coherente con la utilizada en otras secciones del inventario, especialmente para los demás depósitos de carbono de la presente sección;
- determinación de los tipos de suelo dominantes en cada estrato;
- caracterización de los correspondientes depósitos de carbono del suelo, identificación de los procesos determinantes de las tasas de entrada y salida de COS, y de las condiciones en que se producen estos procesos; y
- determinación y aplicación de métodos adecuados para estimar en la práctica las emisiones/absorciones de carbono para cada estrato de suelos forestales, con procedimientos de validación incluidos; como consideraciones metodológicas, deberían combinarse las actividades de vigilancia (por ejemplo, la realización de sucesivos inventarios del suelo forestal) con los estudios de modelización y con el establecimiento de lugares de referencia. En otras publicaciones científicas (Kimble *et al.*, 2003; Lal *et al.*, 2001; McKenzie *et al.*, 2000), pueden obtenerse más orientaciones sobre unas buenas prácticas de vigilancia del suelo, y en la Sección 5.3 se ofrecen orientaciones genéricas sobre las técnicas de muestreo. Los modelos desarrollados o adoptados para ese fin deberían ser revisados por otros expertos y validados mediante observaciones representativas de los ecosistemas estudiados e independientes de los datos de calibración.

La metodología debería ser completa y abarcar todas las tierras forestales gestionadas y todas las influencias antropógenas sobre la dinámica del COS. En el Nivel 3, algunos de los supuestos en que se basan las estimaciones podrán diferir de los inherentes a la metodología por defecto, siempre y cuando todo nuevo supuesto tenga un fundamento científico claro. En el Nivel 3 podrán tenerse en cuenta también factores que influyan en las emisiones y absorciones de C en suelos forestales aunque no estén contemplados en el planteamiento por defecto. Por último, en el Nivel 3 es de esperar que los cálculos tengan una mayor resolución temporal y espacial. En este nivel es una *buena práctica*, a efectos de contabilización, incluir el COS en una evaluación ecosistémica integrada de todos los depósitos de carbono forestal, con vínculos explícitos entre los depósitos del suelo, de la biomasa y de la materia orgánica muerta.

En la metodología nacional, la verificación debería ser un componente importante que permita recopilar datos independientes para verificar la aplicabilidad de los valores por defecto y de los parámetros nacionales. Las actividades de verificación tendrán lugar a diversas escalas espaciales y temporales, y podrán incorporar datos procedentes de métodos de inventario básicos, de teledetección y de modelos. En el Capítulo 5 se detallan diversas metodologías generales para verificar las estimaciones de inventario.

SUELOS ORGÁNICOS

En la actualidad, las limitaciones de los conocimientos y de los datos dificultan el desarrollo de una metodología por defecto que permita estimar las emisiones de CO₂ hacia suelos forestales orgánicos drenados y desde ellos. Las orientaciones se limitarán a la estimación de las emisiones de carbono asociadas al drenaje de suelos orgánicos en bosques gestionados (Ecuación 3.2.15).

ECUACIÓN 3.2.15 EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE SUELOS FORESTALES ORGÁNICOS DRENADOS

$$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Orgánicos}}} = S_{\text{Drenado}} \bullet FE_{\text{Drenaje}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{Orgánicos}}}$ = emisiones de CO₂ procedentes de suelos forestales orgánicos drenados, en toneladas de C año⁻¹

S_{Drenado} = superficie de suelo forestal orgánico drenado, en ha

FE_{Drenaje} = factor de emisión de CO₂ en suelos forestales orgánicos drenados, en C ha⁻¹ año⁻¹ (véase el Cuadro 3.2.3)

CUADRO 3.2.3 VALORES POR DEFECTO DEL FACTOR DE EMISIÓN DE CARBONO EN FORMA DE CO ₂ PARA SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS EN BOSQUES GESTIONADOS		
Biomás	Factores de emisión (toneladas C ha ⁻¹ año ⁻¹)	
	Valores	Tramos
Bosques tropicales	1,36	0,82 – 3,82
Bosques de regiones templadas	0,68	0,41 – 1,91
Bosques boreales	0,16	0,08 – 1,09

Se supondrá que las emisiones prosiguen mientras subsista la capa orgánica aeróbica y el suelo esté considerado como suelo orgánico.

Nivel 1: Los procedimientos de cálculo del Nivel 1 conllevan la producción de datos específicos del país sobre el área de suelos forestales orgánicos drenados, y la aplicación del factor de emisión por defecto apropiado. Este nivel es adecuado para los países en que esta subcategoría no es importante, y para aquellos casos en que no se disponga de valores de FE_{Drenaje} representativos.

Nivel 2: El Nivel 2 es apropiado para aquellos países en que esta subcategoría es importante; tales países desarrollarán o seleccionarán valores de FE_{Drenaje} representativos.

Nivel 3: El Nivel 3 conlleva la estimación de las emisiones y absorciones de carbono en forma de CO₂ asociadas al área total de suelos orgánicos forestados, incluida toda actividad antropógena que pueda alterar el régimen hidrológico, la temperatura de la superficie y la composición de la vegetación de los suelos orgánicos forestados, así como la estimación de las perturbaciones importantes, como los incendios. En cuanto a los procedimientos de estimación del Nivel 3, es una *buena práctica* realizar un balance de carbono completo de los suelos orgánicos forestados, incluidos los flujos de CO₂ y de CH₄. Los métodos del Nivel 3 deberían ser también coherentes con los procedimientos de estimación de los GEI distintos del CO₂ indicados en la Sección 3.2.1.4. Los procedimientos de estimación del Nivel 3 serán apropiados si los bosques gestionados de un país abarcan una gran extensión de suelos orgánicos.

En la Figura 3.1.1 (Sección 3.1) se ofrecen orientaciones para la elección del nivel adecuado para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de suelos forestales orgánicos drenados.

3.2.1.3.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

SUELOS MINERALES

Los parámetros a estimar son COS_{ij}, T_{ij}, COS_{ref}, f_{tipo bosque}, f_{intensidad gest}, y f_{régimen alt}.

Nivel 1: El nivel de conocimiento actual de los suelos forestales gestionados no permite obtener parámetros por defecto respecto de las reservas de carbono en el suelo (COS_{ij}). En el Cuadro 3.2.4 se ofrecen valores por defecto de COS_{ref}, es decir, del contenido de carbono orgánico en suelos forestales minerales con vegetación nativa, para una profundidad de 0-30 cm.

Nivel 2: En este nivel, los países aportan sus propios valores de COS_{ref}, recopilados a partir de estudios publicados o encuestas representativas de los principales tipos de suelo y de bosque nativo. Esos valores suelen obtenerse desarrollando y/o compilando grandes bases de datos sobre perfiles de suelo (Scott *et al.*, 2002; NSSC, 1997; Siltanen *et al.*, 1997).

El contenido de carbono por unidad de superficie (o las reservas de carbono) debería notificarse en toneladas de C ha⁻¹ para una profundidad o capa del suelo dada (por ejemplo, hasta 100 cm, o para la capa comprendida entre 0 y 30 cm). Como se indica en la Ecuación 3.2.16, el contenido total de COS se obtiene sumando el contenido de COS de los distintos horizontes o capas de suelo integrantes; el contenido de COS de cada horizonte o capa se calcula multiplicando la concentración de carbono orgánico en una muestra de suelo ((g C (kg de suelo)⁻¹) por la correspondiente profundidad y densidad aparente (Mg m⁻³), e introduciendo ajustes para reflejar el volumen de suelo ocupado por fragmentos gruesos:

CUADRO 3.2.4
VALOR DE REFERENCIA POR DEFECTO (CON VEGETACIÓN NATIVA) DE LAS RESERVAS DE C ORGÁNICO EN EL SUELO
(COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm)

Región	Suelos AAA ¹	Suelos ABA ²	Suelos arenosos ³	Suelos espódicos ⁴	Suelos volcánicos ⁵	Suelos de humedal ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20 [#]	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70 [#]	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130 [#]	

Nota: Los datos han sido obtenidos de bases de datos sobre suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux *et al.* (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar, en forma de porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", ya que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

indica que no se disponía de datos y que se han conservado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*.

¹ Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcilla silicatada 2:1 (en la clasificación de la Base mundial de referencia para los recursos edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, y regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).

² Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación de la BMR, se incluyen los acrisoles, lixisoles, nitisoles, ferralsoles, y durisoles; en la clasificación del USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).

³ Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla, en base a análisis de textura tipificados (en la clasificación de la BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).

⁴ Suelos muy podzolizados (en la clasificación de la BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación del USDA, los espodosoles)

⁵ Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).

⁶ Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

ECUACIÓN 3.2.16
CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

$$COS = \sum_{horizonte=1}^{horizonte=n} COS_{horizonte} = \sum_{horizonte=1}^{horizonte=n} ([COS] \cdot Densidad\ aparente \cdot Profundidad\ d \cdot (1 - frag) \cdot 10)_{horizonte}$$

Donde:

COS = contenido de carbono orgánico del suelo, representativo del tipo de bosque y del suelo en cuestión, en toneladas de C ha⁻¹

COS_{horizonte} = contenido de carbono orgánico del suelo para un horizonte de suelo constituyente, en toneladas de C ha⁻¹

[COS] = concentración de carbono orgánico del suelo para una masa de suelo dada obtenida de análisis de laboratorio, en g C (kg de suelo)⁻¹

Densidad aparente = masa de suelo por volumen de muestra, en toneladas de suelo m⁻³ (equivalentes a Mg m⁻³)

Profundidad = profundidad del horizonte o espesor de la capa de suelo, en m

frag = volumen porcentual de fragmentos gruesos/100, sin dimensiones²

² El valor [COS] suele determinarse para la fracción de tierra fina (por lo general, < 2 mm). La densidad aparente debería corregirse para reflejar la proporción de volumen de suelo ocupada por fragmentos gruesos (es decir, partículas de diámetro < 2 mm).

Deberían elaborarse unos valores estables de COS_i , COS_j específicos del país o de la región, para las principales combinaciones de tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. Se dará prioridad a los factores que produzcan el mayor efecto general, teniendo en cuenta el impacto sobre el COS de los bosques y la extensión de los bosques afectados. Las prácticas de gestión pueden denominarse, a grandes rasgos, intensivas (por ejemplo, plantaciones forestales con preparación y fertilización intensiva del lugar) o extensivas (bosques naturales con intervención mínima); estas categorías pueden redefinirse también con arreglo a las circunstancias nacionales. El desarrollo de factores de ajuste estará basado probablemente en estudios intensivos efectuados en lugares experimentales y en parcelas de muestreo, con comparaciones de lugares emparejados y replicados (Johnson *et al.*, 2002; Olsson *et al.*, 1996; véanse también las descripciones de Johnson & Curtis, 2001, y Hoover, 2003.). En la práctica, no será posible a veces separar los efectos de diferentes tipos de bosque, de prácticas de gestión intensiva y de regímenes de alteración alterados, en cuyo caso algunos factores de ajuste podrán combinarse en un único modificador. Si un país dispone de datos bien documentados respecto de los diferentes tipos de bosque con arreglo a diferentes regímenes de gestión, tal vez fuera posible obtener directamente el valor de COS_i , sin utilizar las reservas de carbono de referencia ni los factores de ajuste. La estimación del efecto de los regímenes de alteración variables en áreas muy extensas mediante estudios de muestreo puede plantear problemas logísticos insolubles. Los estudios de modelización proporcionan una metodología alternativa para obtener esos factores de ajuste (Bhatti *et al.*, 2001).

La duración de los períodos T de transición entre valores de COS_i estables puede estimarse observando durante largos períodos de tiempo las variaciones del COS en los bosques. Es posible también reevaluar el supuesto de una tasa lineal de variación de las reservas de carbono durante la transición de un tipo de bosque/régimen de gestión a otro.

Nivel 3: Las metodologías y parámetros específicos del país estarían basados en programas de vigilancia rigurosos, combinados con estudios de modelización empíricos y/o de procesos. El sistema nacional deberá representar todos los tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración significativos. Los modelos deberán ser validados mediante observaciones independientes obtenidas de estudios específicos del país o de la región que abarquen todos los tipos existentes de condiciones climáticas, tipos de suelo y prácticas de gestión. Esos mismos criterios de calidad descritos para el Nivel 2 son también aplicables a los datos sobre el COS. Debería disponerse también de documentación sobre la estructura, la frecuencia de actualización y los procedimientos, y sobre los procedimientos de CC/GC en relación con las bases de datos de COS.

SUELOS ORGÁNICOS

Los parámetros a estimar son el factor o factores de emisión de CO_2 en suelos forestales orgánicos drenados: $FE_{Drenaje}$.

Nivel 1: En el Cuadro 3.2.3 se indican valores por defecto de $FE_{Drenaje}$, obtenidos de los valores correspondientes que figuran en las *Directrices del IPCC* (Manual de Referencia, Sección 5.3.9) para la conversión en pastos/bosques. Esos valores son aplicables en tanto en cuanto haya suelos orgánicos drenados.

Nivel 2: Los países que desarrollen sus propios factores de emisión o que adopten otros diferentes de los valores por defecto proporcionarán evidencias fundamentadas científicamente sobre su fiabilidad y representatividad, documentarán los procedimientos experimentales utilizados para obtenerlas, y proporcionarán estimaciones de incertidumbre.

3.2.1.3.1.3 Elección de datos de actividad

Es una *buena práctica* diferenciar entre los bosques gestionados que tienen suelos minerales y los que tienen suelos orgánicos. Los criterios para definir los suelos orgánicos están indicados en el Glosario. A los efectos de la presente evaluación, la profundidad de la capa orgánica no es tan importante como su presencia; por ello, se sugiere a los países que utilicen sus propios criterios de profundidad para diferenciar entre suelos orgánicos y minerales. Son suelos minerales todos aquellos que no se ajustan a la definición de suelos orgánicos.

Los inventarios de bosques son, cuando incluyen descripciones de suelos, fuentes de datos preferentes. Mediante programas de muestreo estadísticos y estratificados es posible estimar la proporción de bosques gestionados con suelos orgánicos, aunque sin conocer su ubicación. Sin embargo, ese tipo de programas constituye un primer paso aceptable para determinar la importancia de los suelos orgánicos forestados. También puede obtenerse una estimación de la superficie de bosques con suelos orgánicos mediante mapas de suelos superpuestos y mapas de la cubierta terrestre o de uso de las tierras. Sin embargo, la incertidumbre relativa asociada a este tipo de ejercicio SIG es elevada, ya que combina los errores y omisiones de todos los mapas utilizados. Los libros de texto habituales sobre el SIG contienen orientaciones sobre el tratamiento de errores en los ejercicios de superposición.

SUELOS MINERALES

Nivel 2: Los datos de actividad se refieren a los principales tipos de bosque, prácticas de gestión, regímenes de alteración y áreas correspondientes, en consonancia con las orientaciones indicadas en el Capítulo 2. De preferencia, los datos deberían estar vinculados al inventario de bosques nacionales, cuando exista alguno, o a las bases de datos nacionales sobre suelos y climas.

Algunos cambios típicos consisten en: conversión de bosques no gestionados en bosques gestionados; conversión de bosques nativos en nuevos tipos de bosque; intensificación de las actividades de gestión de los bosques, como la preparación del lugar, la plantación de árboles y una mayor frecuencia de rotación; cambio de prácticas de recolección (recolección de troncos en lugar de árboles enteros; cantidad de residuos dejados en el lugar); frecuencia de las perturbaciones (brotes de plagas y enfermedades, crecidas, incendios, etc.). Las fuentes de datos variarán en función del sistema de gestión de bosques del país, aunque podrían ser también entidades contratadas o empresas, autoridades forestales oficiales, instituciones de investigación u organismos responsables de inventarios forestales. El formato de los datos varía ampliamente, y podría consistir en informes de actividad, inventarios de gestión forestal, o imágenes obtenidas por teledetección.

Los registros deberían abarcar períodos suficientemente largos para incluir todos los cambios importantes sucedidos en los T años elegidos como período de transición; en caso contrario, sería necesaria una predicción retrospectiva.

Nivel 3: Es una *buena práctica* adoptar los mismos tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración que los utilizados para estimar las emisiones/absorciones en otros depósitos forestales.

SUELOS ORGÁNICOS

Los datos de actividad consisten en S_{Drenaje} , que es la superficie de suelo orgánico drenado (incluidas las turberas) ocupada por los bosques. Las fuentes de datos probables son los registros de gestión forestal de la industria o de las autoridades forestales oficiales. Alternativamente, podrán recabarse conocimientos de expertos de esas organizaciones.

3.2.1.3.1.4 Evaluación de la incertidumbre

SUELOS MINERALES

El mayor nivel de incertidumbre se obtiene en la determinación de los valores de COS (en toneladas de C ha^{-1}) en grandes extensiones (Ecuación 3.2.14). Los valores por defecto contienen una alta incertidumbre intrínseca cuando se aplican a países específicos. El Cuadro 3.2.4 contiene valores de la desviación estándar de las reservas de carbono en suelos de referencia por defecto con vegetación nativa.

Para los países que desarrollan sus propios valores de COS, las dos principales fuentes de incertidumbre son la densidad aparente del suelo y el volumen de suelo ocupado por fragmentos gruesos. Cuando se calculen los valores de COS de un bosque, se supondrá una incertidumbre de 40% para la densidad aparente, y un factor de incertidumbre igual a 2 para el volumen de suelo ocupado por fragmentos gruesos. Se supondrá que los 30 cm superiores de los suelos forestales minerales contienen un 50% del COS total. La incertidumbre asociada a los muestreos someros puede reducirse obteniendo evidencia científica sobre: 1) la proporción de COS total contenida en la profundidad de suelo muestreada; y 2) la profundidad a la que el COS responde a los cambios de tipo de bosque, de prácticas de gestión y de regímenes de alteración. En el Recuadro 5.2.4 del Capítulo 5 se ofrecen directrices genéricas sobre la manera de tratar las incertidumbres cuando se obtienen estimaciones a partir de los resultados de los modelos.

SUELOS ORGÁNICOS

Las incertidumbres más acusadas provienen de los factores de emisión de CO_2 en suelos orgánicos drenados. Se supondrá que FE_{Drenaje} varía en un factor de 2. La medición de las reservas de carbono en suelos orgánicos plantea un problema considerable, debido a la alta variabilidad de la densidad aparente (de 0,05 a 0,2 g cm^{-3} , es decir, una diferencia de 1 a 4), y de la profundidad total de la capa orgánica (una fuente aún mayor de variabilidad). Se añaden a ello las incertidumbres derivadas de la circunstancia de que en las variaciones de las reservas de carbono no se diferencia entre la transferencia de carbono fuera del lugar en forma de materia orgánica disuelta y las emisiones a la atmósfera.

3.2.1.4 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO_2

En esta sección se examinan las emisiones de N_2O procedentes de suelos forestales y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 procedentes de la quema de biomasa. El N_2O y el NO_x se producen principalmente en los suelos como subproducto de la nitrificación y de la desnitrificación. Las emisiones son estimuladas directamente por la fertilización nitrogenada de los bosques y por el drenaje de los suelos forestales húmedos (Apéndice 3a.2), e indirectamente por la deposición de N procedente de la atmósfera y de la lixiviación y escorrentía. Las emisiones de N_2O indirectas se examinan en el capítulo sobre agricultura de las *Directrices del IPCC*, por lo que no se abordarán en el presente texto, a fin de evitar el doble cómputo. El encalado de los suelos forestales puede reducir las emisiones de N_2O en algunos entornos, aunque también puede aumentarlas en otros (Klemedtsson *et al.*, 1997, Mosier *et al.*, 1998, Papen y Butterbach-Bahl, 1999). La gestión de los bosques, por ejemplo cuando consiste en una tala completa o parcial, puede incrementar las emisiones de N_2O . Sin embargo, los datos disponibles son insuficientes y algo contradictorios, por lo que en la presente sección no se examinará el impacto de esas prácticas.

La forestación con especies de árboles que fijan N puede incrementar las emisiones de N₂O durante buena parte de la vida útil del bosque, pero los datos de que se dispone son demasiado limitados para ofrecer una metodología por defecto.

El sumidero de CH₄ en suelos forestales aireados y no perturbados es un proceso natural, y su valor se estima, en promedio, en 2,4 kg de CH₄/ha/año (Smith *et al.*, 2000). La gestión de los bosques, y particularmente la fertilización por N, pueden alterar notablemente ese sumidero de CH₄. Por el momento, no se ofrecen métodos ni datos que permitan estimar las variaciones en la oxidación del metano. A medida que se disponga de más información, tal vez sea posible examinar más en detalle diversas actividades y sus efectos sobre la oxidación del metano en tierras fertilizadas.

ÓXIDO NITROSO

En el Capítulo 4 (Agricultura) de las *Directrices del IPCC* se hace referencia a las emisiones de N₂O provenientes de la fertilización nitrogenada, así como a las provenientes de la deposición de nitrógeno en forma de "emisiones indirectas de N₂O". Se ofrecen a continuación orientaciones específicas en relación con los métodos del Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC* para estimar las emisiones de N₂O en bosques procedentes de fertilizantes. La metodología para estimar las emisiones de N₂O procedentes del drenaje de suelos forestales húmedos figura en el Apéndice 3a.2. Los bosques reciben deposiciones de nitrógeno de la atmósfera, así como de la escorrentía y lixiviación procedente de campos agrícolas adyacentes. En el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* se incluyen ya esas emisiones de N₂O procedentes de la deposición, escorrentía y lixiviación de N como "emisiones indirectas". Tales emisiones no se examinarán en la presente sección, para evitar un doble cómputo. En los bosques en que se aplica fertilizante nitrogenado, se supondrá que la lixiviación y escorrentía hacia áreas no forestales o áreas forestales no fertilizadas es despreciable. La razón para ello es que la lixiviación y la escorrentía son menores en bosques que en tierras agrícolas, y que el factor de emisión utilizado en las *Directrices del IPCC* parece ser demasiado elevado.

3.2.1.4.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

El método utilizado para estimar las emisiones de N₂O procedentes de suelos forestales es idéntico al indicado en las *Directrices del IPCC*, en el apartado sobre agricultura, y descrito en *OBP2000*. La ecuación básica, tomada de *OBP2000*, es la Ecuación 3.2.17.

<p>ECUACIÓN 3.2.17</p> <p>EMISIONES DIRECTAS DE N₂O PROCEDENTES DE BOSQUES GESTIONADOS</p> $N_2O \text{ directo-}N_{TFTF} = (N_2O \text{ directo-}N_{\text{fertilizante}} + N_2O \text{ directo-}N_{\text{drenaje}})$
--

Donde:

N₂O directo-N_{TFTF} = emisiones directas de N₂O procedentes de bosques gestionados, en unidades de nitrógeno, Gg N

N₂O directo-N_{fertilizante} = emisiones directas de N₂O procedentes de la fertilización de bosques, en unidades de nitrógeno, Gg N

N₂O directo-N_{drenaje} = emisiones directas de N₂O procedentes del drenaje de suelos forestales húmedos, en unidades de nitrógeno, Gg N

El método para estimar las emisiones de N₂O procedentes de la aplicación de fertilizantes en bosques se describe en la Ecuación 3.2.18, en las secciones siguientes. El método para estimar las emisiones de N₂O procedentes del drenado de suelos forestales húmedos se describe en el Apéndice 3a.2, y podrá aplicarse opcionalmente cuando se disponga de datos.

3.2.1.4.1.1 Elección del método

En la Figura 3.1.1 se representa el árbol de decisiones que permite seleccionar el nivel correspondiente a las emisiones de N₂O procedentes de tierras forestales. Como se indica en la Ecuación 3.2.17, las emisiones de N₂O abarcan dos fuentes: la fertilización de los bosques, y el drenaje de los suelos forestales húmedos.

Nivel 1: Las tasas de emisión son idénticas para la fertilización por N₂O en áreas forestales y en áreas agrícolas. Así, una *buen práctica* con arreglo a *OBP2000* consistiría en estimar las emisiones de N₂O procedentes de los aportes de nitrógeno como fertilizante mineral u orgánico a los bosques. Las emisiones de N₂O procedentes de estiércol de animales que pastan en áreas forestales se recogen en las *Directrices del IPCC*, en la sección sobre suelos agrícolas del capítulo Agricultura, como emisiones de pastos/praderas/apacentaderos, y no deberían estimarse por separado en la sección sobre bosques.

Las emisiones directas de N₂O provenientes de la fertilización de bosques se calculan como en la Ecuación 3.2.18:

<p>ECUACIÓN 3.2.18</p> <p>EMISIONES DIRECTAS DE N₂O PROCEDENTES DE LA FERTILIZACIÓN DE BOSQUES</p> $N_2O \text{ directo-}N_{\text{fertilizante}} = (F_{NS} + F_{NO}) \bullet FE_1$

Donde:

N_2O directo- $N_{\text{fertilizante}}$ = emisiones directas de N_2O procedentes de la fertilización de bosques, en unidades de nitrógeno, Gg N

F_{NS} = cantidad anual de nitrógeno fertilizante sintético aplicado a los suelos forestales, ajustado para reflejar la volatilización en forma de NH_3 y NO_x , en Gg N

F_{NO} = cantidad anual de nitrógeno fertilizante orgánico aplicado a los suelos forestales, ajustado para reflejar la volatilización en forma de NH_3 y NO_x , en Gg N

FE_1 = factor de emisión de N_2O por aporte de N, en kg de nitrógeno de N_2O /kg de N aportado

Para calcular las emisiones de N_2O mediante esta ecuación, deberán estimarse las cantidades de aporte de N, F_{NS} y F_{NO} . Es una *buen práctica* introducir un ajuste para reflejar la cantidad volatilizada en forma de NH_3 y NO_x , utilizando los mismos factores de volatilización que en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*. Las emisiones indirectas de N_2O procedentes del N volatilizado se calculan como en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*.

Nivel 2: En el Nivel 2, la información específica del país y las actividades de gestión adicionales pueden incluirse en la estimación de las emisiones de óxido nítrico:

Los países pueden utilizar la Ecuación 3.2.18 con un factor de emisión FE_1 desarrollado para atender las condiciones específicas del país. En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, de la página 4.69 de *OBP2000* se indican específicamente *buenas prácticas* para obtener factores de emisión específicos del país. Además, los países pueden extender la estimación a fin de tener en cuenta el impacto del encalado y de los bosques y de su gestión (aclareo, recolección) sobre las emisiones de N_2O . En algunos entornos, el encalado puede reducir las emisiones de N_2O en los bosques, mientras que en otros entornos puede incrementarlas.

Nivel 3: Existen varios modelos para estimar las emisiones de N_2O (Renault, 1999, Conen *et al.*, 2000, Stange y Butterbach-Bahl, 2002). Se aplicarán modelos avanzados que pueden representar los impactos de las prácticas de gestión y otras variables dinámicas pertinentes. Es una *buen práctica* validar los modelos tomando como referencia las mediciones, y documentar detalladamente la parametrización y la calibración del modelo.

La mayoría de los modelos calculan las emisiones totales de N_2O , que incluyen otras emisiones además de las debidas a actividades humanas. Las emisiones directas de origen humano pueden estimarse aplicando el modelo con fertilización y drenaje y sin ellos, y utilizando la diferencia como componente directo de las emisiones de origen humano.

3.2.1.4.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Como se indica en *OBP2000*, el factor de emisión por defecto (FE_1) es el 1,25% del N aplicado; y es el valor que debería utilizarse en el Nivel 1.

Nivel 2: Los países podrán desarrollar factores de emisión específicos más apropiados para sí mismos. En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, de la página 4.69 de *OBP2000*, se ofrecen orientaciones específicas sobre *buenas prácticas* para obtener factores de emisión específicos del país. Si se desean tener en cuenta los efectos del encalado y de la gestión, es esencial disponer de factores específicos del país.

Nivel 3: Cuando las emisiones de N_2O se estimen mediante modelos, será necesario asegurarse de que los modelos diferencian entre el " N_2O indirecto" procedente de la deposición de N (examinado en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*) y el proveniente de la fertilización por N. El modelo PnET-N-DNDC, por ejemplo, es un modelo orientado a procesos que puede utilizarse ya para estimar las emisiones de N_2O procedentes de suelos forestales (Butterbach-Bahl *et al.*, 2001; Li *et al.*, 2000).

3.2.1.4.1.3 Elección de datos de actividad

Las emisiones de N_2O procedentes de bosques gestionados se calculan sobre la base de los aportes de nitrógeno mineral y orgánico en suelos forestales. Algunos países disponen de datos sobre la fertilización de bosques diferenciados de los datos agrícolas, y estarán en condiciones de efectuar estimaciones. Sin embargo, en otros muchos puede que existan solamente estadísticas nacionales sobre las ventas de fertilizantes. Cuando no se disponga de tales datos, los países podrán atenerse a las orientaciones indicadas a continuación para separar la cantidad aplicada a los suelos agrícolas de la aplicada a los suelos forestales, o podrán notificar todas sus emisiones con arreglo al Nivel 1 en el sector agrícola. En tales casos, esa circunstancia se indicará explícitamente en el inventario.

F_{NS} : Es el mismo término utilizado en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* para referirse al N sintético aplicado a suelos agrícolas, ajustado para reflejar la cantidad que se volatiliza en forma de NH_3 y NO_x , utilizando los mismos factores de volatilización que en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*. Muchos países disponen de estadísticas nacionales de venta de fertilizantes. Los países pueden determinar la

cantidad de fertilizante nitrogenado sintético aplicado en los bosques restando la cantidad de fertilizante utilizado para fines agrícolas de la cantidad total de fertilizante nitrogenado aplicado en todo el país. Es posible también estimar la aplicación de fertilizantes en bosques como el producto de la superficie estimada de bosques fertilizados y la tasa de fertilización media.

Los países que pueden diferenciar entre los fertilizantes aplicados en bosques recientemente plantados y los aplicados en bosques antiguos pueden utilizar un nivel del Nivel 2 para estimar el valor de F_{NS} . Para los fertilizantes aplicados en plantaciones forestales que no han formado todavía dosel completo, el ajuste para reflejar las pérdidas por volatilización debería adecuarse al capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC*, es decir, debería tenerse en cuenta la fracción de N aplicado que se pierde por volatilización. Para los fertilizantes aplicados a bosques de dosel cerrado, cabe suponer que el ajuste es igual a 0, es decir, que todo el N volatilizado permanece en el bosque.

F_{NO} : Estimación del nitrógeno orgánico aplicado en bosques y procedente del tonelaje de desechos orgánicos dispersos por el bosque y de su contenido de nitrógeno. El ajuste para reflejar las pérdidas por volatilización es conforme a las orientaciones indicadas respecto de F_{NS} .

3.2.1.4.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La estimación de las emisiones de N_2O procedentes de la fertilización de bosques puede ser muy incierta, a causa de: a) la elevada variabilidad espacial y temporal de las emisiones; b) la escasez de mediciones de larga duración y la limitada representatividad de los datos para regiones amplias, y: c) la incertidumbre en la totalización espacial, y la inherente a los factores de emisión y a los datos de actividad.

Nivel 1: En cuanto a FE_1 , F_{NS} y F_{NO} , es una *buenas prácticas* adoptar el intervalo de incertidumbres utilizado para la categoría de fuentes agropecuarias, a menos que se disponga de análisis más detallados.

Factores de emisión: Son pocos los datos obtenidos de mediciones de los efectos de la fertilización, del encalado y de la gestión de los bosques, sobre todo en las regiones boreal y templada de Europa. Las mediciones de los factores de emisión de N_2O presentan una distribución sesgada, que probablemente será log-normal.

FE_1 : Basándose en datos recientes (Smith *et al.*, 1999; Mosier y Kroeze, 1999), en *OBP2000* se sugiere que la mejor estimación de las incertidumbres de $FE_1 = 1,25\%$ se sitúa entre 0,25% y 6%. Ese mismo intervalo de incertidumbres se utiliza como supuesto para las emisiones de los bosques.

Datos de actividad: Si un país dispone de estadísticas específicas sobre los fertilizantes aplicados a los bosques y a la agricultura, podrá utilizarse el supuesto de que las estadísticas sobre los fertilizantes aplicados en los bosques presentan la misma incertidumbre que para las explotaciones agrícolas. En tales casos, se aplica la misma incertidumbre a ambas categorías de fuentes; por ejemplo, un valor de 10% o menor respecto de la cantidad de fertilizantes minerales, y de 20% o menor respecto de la cantidad de desechos orgánicos (Capítulo 4, Agricultura, de las *Directrices del IPCC*, y *OBP2000*). Si en un país la cantidad de fertilizante aplicada en bosques y en explotaciones agrícolas se obtiene del total nacional, será necesario evaluar por separado la incertidumbre específica inherente a esa separación. La incertidumbre total será específica del país, y probablemente más elevada que en las estadísticas separadas.

Nivel 2: En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, de la página 4.69 de *OBP2000*, se describen varias *buenas prácticas* para la obtención de factores de emisión específicos del país.

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente una estimación más realista, pero será necesario calibrarlos y validarlos tomando como referencia las mediciones. Para realizar una validación se necesitan mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.2, “Identificación y cuantificación de las incertidumbres”, se ofrecen orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbres con métodos avanzados. Stange *et al.* (2000) han realizado evaluaciones de incertidumbre con respecto al modelo PnET-N-DNDC. Ese trabajo puede servir de ejemplo sobre la manera de proceder.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE LA QUEMA DE BIOMASA

La quema de biomasa está asociada a numerosos tipos de uso de la tierra causantes de emisiones de CO_2 , CH_4 , N_2O , CO y NO_x . En esta sección se examinan dos tipos generales de quema de biomasa: la quema en bosques gestionados, y la quema durante una conversión de uso de la tierra. La metodología básica para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de biomasa es siempre la misma, con independencia del tipo de uso de la tierra. Se expone a continuación esa metodología, que servirá de referencia para otras secciones del presente capítulo (por ejemplo, en relación con las tierras convertidas en tierras agrícolas). En la presente sección se ofrecen *orientaciones sobre buenas prácticas* para estimar las emisiones procedentes de la quema de biomasa en:

- Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales;
- Tierras convertidas en tierras forestales;
- Tierras convertidas en tierras agrícolas; y
- Tierras convertidas en praderas.

En las *Directrices del IPCC* se examinan ambos tipos de quema de biomasa en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura (Capítulo 5). Las emisiones procedentes de quemaduras efectuadas para cambiar un uso de la tierra se examinan en el apartado sobre conversión de bosques y praderas, y las emisiones procedentes de quemaduras realizadas para la gestión de la tierra se examinan en la sección sobre la quema *in situ* de biomasa forestal. Aunque se exponen por separado en las *Directrices del IPCC*, el método y los factores por defecto son los mismos que los utilizados para estimar las emisiones. En esta Orientación, la metodología aplicable a las emisiones procedentes de quemaduras destinadas a la conversión de la tierra sigue siendo esencialmente la misma que en las *Directrices del IPCC*, aunque en el caso de las tierras forestales gestionadas se recoge una mayor diversidad de emisiones procedentes de quemaduras para la gestión de la tierra, que incorpora los efectos de los incendios prescritos y espontáneos sobre las emisiones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ en todas las tierras forestales gestionadas.³

En *OBP2000* se examina la quema destinada a la gestión de las tierras agrícolas. Se ofrecen orientaciones para estimar las emisiones procedentes de la quema prescrita de sabanas y de la quema *in situ* de residuos agrícolas, conforme se examina en la sección Agricultura. Se supondrá que el CO₂ liberado es extraído por fotosíntesis de la vegetación anual que rebrota durante el año siguiente, por lo que se tienen en cuenta solamente los gases distintos del CO₂.

3.2.1.4.2 CUESTIONES METODOLÓGICAS

En términos generales, los incendios pueden clasificarse en prescritos (o controlados) y espontáneos. Los incendios asociados al desbroce y a las actividades de gestión de ecosistemas suelen ser incendios controlados. Algunos tipos importantes de incendios prescritos son: i) incendios para desbrozar la tierra durante una conversión forestal; ii) métodos de desbroce y quema de maleza; iii) quema de residuos posterior a la tala y recolección; y iv) incendios prescritos de baja intensidad para la gestión de la carga de combustible. La finalidad de estas quemaduras suele ser la eliminación de biomasa indeseada. La temperatura promedio del fuego está controlada, las condiciones de la quema son más uniformes, y los factores de emisión son menos variables. En cambio, las características de los incendios espontáneos son muy variables: la temperatura del fuego, la cantidad de biomasa disponible, el grado de combustión, y el impacto sobre la población forestal pueden ser muy diversos. En cuanto a los incendios espontáneos, los incendios a nivel del suelo son menos intensivos, y su impacto sobre los árboles es menos grave que en los incendios a nivel de copas. Cuando se quema una tierra gestionada, deberían notificarse las emisiones resultantes tanto de los incendios prescritos como de los espontáneos, de modo que puedan tomarse en cuenta las pérdidas de carbono en tierras gestionadas.⁴

Estimar el impacto de un incendio es más difícil cuando éste es espontáneo, especialmente si su temperatura es elevada. Por lo tanto, se conocen mejor los efectos de los incendios controlados.

En los bosques gestionados es necesario estimar el CO₂ emitido por combustión, ya que hay que tomar en cuenta la absorción de carbono por la vegetación que rebrota (Kirschbaum, 2000) – véanse las Ecuaciones 3.2.2 y 3.2.6. Por ello, es una *buena práctica* estimar las emisiones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema de biomasa en tierras forestales gestionadas. El método a emplear se expone en las partes de la Sección 3.2.1.1 relacionadas con la Ecuación 3.2.9. La liberación de CO₂ en un incendio no influye inmediatamente en la tasa de absorción por los bosques que rebrotan, y podrían transcurrir muchos años hasta que se secuestre la cantidad de carbono liberada en un incendio espontáneo o prescrito. Si se aplican métodos que no recojan las absorciones por rebrote después de una alteración natural, no será necesario informar de las emisiones de CO₂ asociadas a perturbaciones naturales. Es una *buena práctica* documentar con claridad tales situaciones.

La metodología que se describe a continuación permite estimar las emisiones de CH₄, N₂O, CO y NO_x procedentes de la quema de biomasa en tierras forestales gestionadas, así como las emisiones de esos gases procedentes de incendios asociados a conversiones de uso de la tierra.

3.2.1.4.2.1 Elección del método

La metodología descrita en las *Directrices del IPCC* permite estimar la liberación de carbono durante un incendio en un 50% (suponiendo que sea éste el contenido de C de la biomasa) de la masa de combustible efectivamente quemado, y utiliza ese valor como base para el cálculo de las emisiones de gases distintos del CO₂ (véase la Ecuación 3.2.6). Parte del combustible parcialmente quemado subsiste en forma de carbón vegetal, que es relativamente estable a lo largo del tiempo (Houghton, 1999).

³ Estas explicaciones se refieren solamente a las tierras forestales, dado que la quema destinada a la gestión de la tierra en tierras de cultivo y praderas se examina en la sección Agricultura de *OBP2000*.

⁴ No se notificará el impacto de los incendios sobre las tierras forestales no gestionadas.

La liberación de carbono procedente de la quema de biomasa durante la conversión de bosques en praderas se calcula utilizando una metodología simple descrita en las *Directrices del IPCC* (Sección 5.3). Dicha metodología se detalla más adelante, para todos los tipos de vegetación.

Las emisiones de gases distintos del CO₂ pueden estimarse sobre la base del carbono total liberado, mediante la Ecuación 3.2.19 (Crutzen y Andreae, 1990; Andreae y Merlet, 2002):

ECUACIÓN 3.2.19

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO₂ A PARTIR DEL C LIBERADO

Emisiones de CH₄ = (carbono liberado) • (relación de emisión) • 16/12
 Emisiones de CO = (carbono liberado) • (relación de emisión) • 28/12
 Emisiones de N₂O = (carbono liberado) • (relación N/C) • (relación de emisión) • 44/28
 Emisiones de NO_x = (carbono liberado) • (relación N/C) • (relación de emisión) • 46/14

La metodología ampliada para estimar los GEI (CO₂ y no CO₂) liberados directamente en incendios se resume en la ecuación siguiente:

ECUACIÓN 3.2.20

ESTIMACIÓN DE LOS GEI LIBERADOS DIRECTAMENTE EN INCENDIOS

$$L_{\text{incendio}} = S \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$$

Donde:

- L_{incendio} = cantidad de GEI liberados por causa de incendios, en toneladas de GEI
- S = superficie quemada, en ha
- B = masa de combustible "disponible", en kg m.s. ha⁻¹
- C = eficiencia de combustión (o fracción de biomasa quemada), sin dimensiones. (Véase el Cuadro 3A.1.12)
- D = factor de emisión, en g (kg m.s.)⁻¹

Los cálculos se efectúan por separado para cada gas de efecto invernadero, utilizando el factor de emisión apropiado.

La exactitud de las estimaciones depende de los datos disponibles. La aplicación del árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 determinará el nivel a utilizar. En el Nivel 1, los dos métodos anteriores pueden aplicarse para estimar las emisiones de cada GEI utilizando datos por efecto. En el Nivel 2 se utilizan datos de actividad o factores de emisión, mientras que en el Nivel 3 se utilizan tanto métodos como datos específicos del país.

3.2.1.4.2.2 Elección de factores de absorción/emisión

Nivel 1: En primer lugar, deberá estimarse la cantidad de combustible quemado. Si no se dispone de datos locales, la estimación podrá obtenerse del Cuadro 3A.1.13, que recoge los resultados de multiplicar B (combustible disponible, o densidad de biomasa en la tierra antes de la combustión) por C (eficiencia de combustión). Si se conocen valores de la densidad del combustible, podrán utilizarse las eficiencias de combustión del Cuadro 3A.1.14. Si se necesitara el valor de la eficiencia de combustión y no se dispusiera de sugerencias más específicas, se utilizará el valor por defecto del IPCC, es decir, 0,5. Si se utiliza la Ecuación 3.2.19 para estimar los gases distintos del CO₂, se necesitará una relación de emisión y una relación N/C. En el caso del combustible quemado, la relación N/C es aproximadamente igual a 0,01 (Crutzen y Andreae, 1990). Aunque esta cifra es un valor por defecto general aplicable a los detritus de hojas, para los combustibles con mayor contenido de madera serían apropiados unos valores inferiores, si se dispone de datos. Los factores de emisión aplicables a las Ecuaciones 3.2.19 y 3.2.20 figuran en los Cuadros 3A.1.15 y 3A.1.16, respectivamente.

Niveles 2 y 3: Se utilizarán datos y métodos específicos del país desarrollados mediante experimentos *in situ*.

3.2.1.4.2.3 Elección de datos de actividad

En la elección de datos de actividad deberían seguirse las orientaciones expuestas en la Sección 3.2.1.1 ("Otras pérdidas de carbono") en el caso de los incendios de bosques gestionados.

Nivel 1: La superficie quemada en un incendio espontáneo varía notablemente según el país afectado, y a lo largo del tiempo. En años de sequía extrema, los incendios espontáneos aumentan considerablemente. Por ello, los datos sobre incendios espontáneos son muy específicos del país y de años determinados, y no pueden generalizarse por regiones. Existe una base de datos mundial sobre la superficie anual afectada por incendios de la vegetación en: <http://www.grid.unep.ch/activities/earlywarning/preview/ims/gba>.

Niveles 2 y 3: En estos niveles se utilizan las estimaciones nacionales de la superficie quemada. Tales estimaciones estarán basadas generalmente en métodos de teledetección.

3.2.1.4.2.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: Las estimaciones de las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de incendios de bosques pueden ser muy inciertas, a causa de: a) la elevada variabilidad espacial y temporal de las emisiones; b) la escasez de mediciones y la limitada representatividad de los datos en regiones extensas; y c) la incertidumbre respecto de los datos totalizados espacialmente, y la incertidumbre inherente a los factores de emisión y a los datos de actividad.

Factores de emisión: Son escasos los datos obtenidos de mediciones; se sugiere aplicar un intervalo de incertidumbre del 70% a los factores de emisión.

Datos de actividad: Dada la exactitud cada vez mayor y la extensión mundial de las superficies quemadas por incendios, la incertidumbre es relativamente pequeña, del orden de 20-30%.

Nivel 2: Se reducirá considerablemente la incertidumbre si se aplican a los factores de emisión datos específicos del país.

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente una estimación más realista, aunque tendrán que ser calibrados y validados tomando como referencia las mediciones. A efectos de validación se necesitan mediciones suficientemente representativas.

3.2.2 Tierras convertidas en tierras forestales

Las tierras gestionadas son convertidas en tierras forestales mediante forestación y reforestación, y mediante métodos de regeneración natural o artificial (incluidas las plantaciones). Estas actividades se examinan en las categorías 5A, 5C y 5D de las *Directrices del IPCC*. La conversión conlleva un cambio del uso de la tierra. La presente sección no contiene directrices sobre la regeneración en bosques no gestionados. Las áreas convertidas se consideran bosques si responden a la definición de bosque adoptada por el país. El estado de las tierras convertidas en tierras forestales se someterá a observación durante 20 años⁵. Transcurrido ese tiempo, las áreas se contabilizan con arreglo a la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales), aunque podría ser necesario seguir observando la dinámica de la recuperación hasta 100 años después del establecimiento del bosque.

La estimación de las emisiones y absorciones de carbono procedentes de la conversión de tierras para usos forestales se clasifica en cuatro grupos: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (Sección 3.2.2.1), Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (Sección 3.2.2.2), Variación de las reservas de carbono en el suelo (Sección 3.2.2.3), y Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ (Sección 3.2.2.4). Cada una de esas subsecciones contiene información sobre *buenas prácticas* para estimar las emisiones y absorciones según el tipo de depósito. Las emisiones o absorciones de CO₂ en tierras convertidas en bosques se resumen en la Ecuación 3.2.21:

ECUACIÓN 3.2.21
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES⁶

$$\Delta C_{TTF} = \Delta C_{TTF_{BV}} + \Delta C_{TTF_{MOM}} + \Delta C_{TTF_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{TTF} = variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TTF_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TTF_{MOM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y detritus) en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TTF_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras forestales; en toneladas de C año⁻¹

Para convertir toneladas de C en Gg de CO₂, se multiplica el valor por 44/12 y por 10⁻³. Las convenciones (signos) pueden consultarse en la Sección 3.1.7 o en el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo).

⁵ En las *Directrices del IPCC* se especifica un valor por defecto de 20 años pero, en caso necesario, se permiten períodos de cien años para tener en cuenta la dinámica del carbono a largo plazo en los depósitos de biomasa, suelo y detritus.

⁶ En las *Directrices del IPCC* se supone por defecto que el carbono no se acumula en los depósitos de productos de madera recolectada (PMR), aunque los países pueden notificar los depósitos de PMR si pueden documentar que las reservas de productos forestales a largo plazo aumentan efectivamente (Recuadro 5 de las *Directrices del IPCC*). El tratamiento de los PMR en el futuro está siendo examinado por el CMCC (la séptima Conferencia de las Partes (CP7) decidió que todo cambio en el tratamiento en los productos de madera estará sujeto a las decisiones que adopte la Conferencia de las Partes [decisión 11/CP.7, párrafo 4]). Con estos antecedentes, el examen de las cuestiones metodológicas sobre los PMR se remite al Apéndice 3a.1.

3.2.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

3.2.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

En la presente sección se ofrece información sobre *buenas prácticas* para calcular las emisiones y absorciones de CO₂ en relación con las variaciones de la biomasa en tierras gestionadas convertidas en tierras forestales. Se examinan asimismo las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC* "Cambios en los bosques y otras reservas de biomasa boscosa" y "Abandono de tierras gestionadas", aplicadas a nuevas tierras forestales.

3.2.2.1.1.1 Elección del método

Con arreglo a los datos de actividad y recursos de que se disponga, pueden utilizarse tres posibles metodologías para estimar la variación de las reservas de biomasa a efectos del inventario de gases de efecto invernadero. El árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 ilustra un conjunto de *buenas prácticas* para la elección de un método que permita calcular las absorciones y emisiones de CO₂ en la biomasa de las tierras convertidas en bosques.

Nivel 1: La variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva se estima con arreglo a la metodología por defecto de las *Directrices del IPCC*. La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en bosques mediante regeneración artificial y natural se estima mediante la Ecuación 3.2.22:

ECUACIÓN 3.2.22

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES (NIVEL 1)

$$\Delta C_{\text{TTF}_{\text{BV}}} = \Delta C_{\text{TTF}_{\text{CRECIMIENTO}}} - \Delta C_{\text{TTF}_{\text{PÉRDIDA}}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TTF}_{\text{BV}}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{TTF}_{\text{CRECIMIENTO}}}$ = aumento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del crecimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{TTF}_{\text{PÉRDIDA}}}$ = disminución anual de las reservas de carbono en biomasa viva por efecto de las pérdidas derivadas de la recolección, de la recogida de leña y de las perturbaciones, en tierras convertidas en bosques, en toneladas de C año⁻¹

El Nivel 1 puede aplicarse aunque no se conozcan los usos de la tierra anteriores, situación que podría darse cuando las superficies se estiman mediante los procedimientos 1 o 2 del Capítulo 2. En tales casos se utilizan parámetros por defecto indicados en el Anexo 3A.1 (Cuadros de biomasa por defecto).

Etapla 1: Incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, $\Delta C_{\text{TTF}_{\text{CRECIMIENTO}}}$. Este método utiliza la Ecuación 3.2.4 de la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales), que hace referencia a la Categoría 5A, "Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa" de las *Directrices del IPCC*. Dado que la tasa de crecimiento de un bosque depende en gran medida del régimen de gestión, se introduce una distinción entre los bosques gestionados intensivamente (por ejemplo, en la silvicultura de plantaciones con preparación y fertilización intensiva del lugar) y los gestionados extensivamente (por ejemplo, bosques regenerados naturalmente con intervención humana mínima). Los cálculos se realizan con arreglo a la Ecuación 3.2.23:

ECUACIÓN 3.2.23

INCREMENTO ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{\text{TTF}_{\text{CRECIMIENTO}}} = [\sum_k S_{\text{GEST_INT}_k} \cdot C_{\text{Total_GEST_INT}_k} + \sum_m S_{\text{GEST_EXT}_m} \cdot C_{\text{Total_GEST_EXT}_m}] \cdot \text{FC}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TTF}_{\text{CRECIMIENTO}}}$ = incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del crecimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$S_{\text{INT_GEST}_k}$ = superficie de tierra convertida en bosques gestionados intensivamente en el estado k (incluidas las plantaciones), en ha

$C_{\text{Total_GEST_INT}_k}$ = tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados intensivamente en el estado k (incluidas las plantaciones), en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹

$S_{\text{GEST_EXT}_m}$ = superficie de tierra convertida en bosques gestionados extensivamente en el estado m , en ha

$C_{\text{Total GEST_EXT}_m}$ = tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados extensivamente en el estado m , en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹ (incluye la regeneración natural)

k, m = representan las diferentes condiciones en que se desarrollan los bosques gestionados intensiva y extensivamente

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

El aumento anual de biomasa tanto en bosques gestionados intensivamente ($C_{\text{Total GEST_INT}}$) como extensivamente ($C_{\text{Total GEST_EXT}}$) se calcula mediante la Ecuación 3.2.5 de la Sección 3.2.1, "Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales", y utilizando los valores por defecto indicados en los Cuadros 3A.1.5, 3A.1.6, 3A.1.7, 3A.1.8, 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1. Los valores de los cuadros deberían elegirse en función de la composición de especies de árboles y de la región climática. Los datos de los bosques gestionados extensivamente se tomarán del Cuadro 3A.1.5, y los de los bosques gestionados intensivamente, de los Cuadros 3A.1.6 o 3A.1.7.

Etapa 2: Disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas, $\Delta C_{\text{TTF PÉRDIDA}}$. En los casos en que la recolección, la recogida de leña y las perturbaciones pueden atribuirse a las tierras convertidas en bosques, la pérdida anual de biomasa se estimará con ayuda de la Ecuación 3.2.24, que reproduce las *buenas prácticas* indicadas con respecto a la Ecuación 3.2.6 de la Sección 3.2.1, "Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales":

<p>ECUACIÓN 3.2.24</p> <p>DISMINUCIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA POR EFECTO DE LAS PÉRDIDAS EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES</p> $\Delta C_{\text{TTF PÉRDIDA}} = P_{\text{talas}} + P_{\text{leña}} + P_{\text{otras pérdidas}}$
--

Donde:

$\Delta C_{\text{TTF PÉRDIDA}}$ = disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

P_{talas} = pérdida de biomasa por efecto de la recolección de madera industrial y trozas de madera para aserrar en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$P_{\text{leña}}$ = pérdida de biomasa por efecto de la recogida de leña en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$P_{\text{otras pérdidas}}$ = pérdida de biomasa por efecto de incendios y otras perturbaciones en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

Las pérdidas de biomasa por efecto de la recolección (P_{talas}) se estiman utilizando la Ecuación 3.2.7, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, junto con el valor por defecto de la densidad de madera básica y el factor de expansión de biomasa, que se indican en los Cuadros 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1. En la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, se describen también *buenas prácticas* para estimar las pérdidas de biomasa debidas a la recogida de leña ($P_{\text{leña}}$), los incendios y otras perturbaciones. Si no se dispone de datos sobre las pérdidas en esta categoría de tierras, todos los términos de pérdida deberían ser fijados en 0, por lo que también $\Delta C_{\text{TTF PÉRDIDA}}$ será igual a 0. Es una *buen práctica* asegurarse de la coherencia entre la notificación de las pérdidas de biomasa de esta categoría y las de la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, para evitar el doble cómputo u omitir alguna pérdida de biomasa.

Nivel 2: El Nivel 2 es similar al Nivel 1 aunque con un mayor desglose, que permite una estimación más precisa de la variación de las reservas de carbono en biomasa. La absorción anual neta de CO₂ de la biomasa se calcula sumando las absorciones debidas al crecimiento de la biomasa en las áreas convertidas en bosques, las variaciones de la biomasa debidas a la conversión propiamente dicha (se estima la diferencia entre las reservas de biomasa iniciales en tierras no forestales antes y después de la conversión en bosques, es decir, mediante regeneración artificial), y las pérdidas en áreas convertidas en bosques (Ecuación 3.2.25):

<p>ECUACIÓN 3.2.25</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES (NIVEL 2)</p> $\Delta C_{\text{TTF BV}} = \Delta C_{\text{TTF CRECIMIENTO}} + \Delta C_{\text{TTF CONVERSIÓN}} - \Delta C_{\text{TTF PÉRDIDA}}$
--

Donde:

$\Delta C_{\text{TTF BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{TTF CRECIMIENTO}}$ = incremento anual de las reservas de carbono en biomasa viva por efecto del crecimiento en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión efectiva en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$ = disminución anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas debidas a la recolección, a la recogida de leña y a las perturbaciones en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

Además de los valores por defecto, el Nivel 2 está basado en datos nacionales sobre: i) la superficie convertida en bosques; ii) el aumento anual medio, por hectárea, de volumen comercializable en tierras convertidas en bosques, obtenido por ejemplo de inventarios forestales (no es posible indicar valores por defecto); iii) la variación del carbono en la biomasa cuando se convierten tierras no forestales en bosques (por ejemplo, mediante regeneración artificial) y iv) las emisiones debidas a la pérdida de biomasa en tierras convertidas. Para aplicar esta metodología puede ser necesario conocer la matriz de los cambios de uso de la tierra y, por consiguiente, la distribución de los usos de la tierra anteriores.

Etap 1: Incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, $\Delta C_{TTFRECIMIENTO}$. Este método es similar al del Nivel 1 con la Ecuación 3.2.23. El incremento anual medio de biomasa en bosques gestionados tanto intensiva ($C_{Total\ GEST\ INT}$) como extensivamente ($C_{Total\ GEST\ EXT}$) se calcula mediante la metodología de *buenas prácticas* del Nivel 2, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, y con el uso de datos específicos del país sobre el incremento anual medio por hectárea de volumen comercializable en tierras convertidas en bosques (obtenidos, por ejemplo, de inventarios forestales), el valor por defecto de la densidad de madera básica, los factores de expansión de la biomasa, y la relación entre la biomasa bajo el suelo y la biomasa sobre el suelo con arreglo a los Cuadros 3A.1.7, 3A.1.8, 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1.

Etap 2: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión, $\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$. La transformación de tierras no forestales en tierras forestales (por ejemplo, mediante regeneración artificial, que implica el desbroce de la vegetación en tierras no forestales) puede hacer variar las reservas de biomasa en la conversión. La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto del cambio de uso de la tierra se calculan mediante la Ecuación 3.2.26:

ECUACIÓN 3.2.26

VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS ANUALMENTE EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTFCONVERSIÓN} = \sum_i [B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}] \bullet \Delta S_{EN\ BOSQUE_i} \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas anualmente en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

B_{ANTES_i} = reservas de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente antes de la conversión, en toneladas m.s. ha⁻¹

$B_{DESPUÉS_i}$ = reservas de biomasa presentes en la tierra inmediatamente después de la conversión del tipo de tierra i , en toneladas m.s. ha⁻¹ (en otras palabras, las reservas iniciales de biomasa después de una regeneración artificial o natural)

$\Delta S_{EN\ BOSQUE_i}$ = superficie de tierra para el uso i convertida anualmente en tierras forestales, en ha año⁻¹

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

i = representa diferentes tipos de tierras convertidas en bosque

Nota: los tipos de tierra se estratificarán junto con las reservas de biomasa antes de su conversión.

El factor $\Delta C_{TTFCONVERSIÓN}$ puede expandirse a fin de tener en cuenta diferentes contenidos de carbono antes de la transición. En el Nivel 2 los cálculos pueden aplicarse a subdivisiones de áreas de tierra (regiones, ecosistemas, tipos de lugar, etc.).

Etap 3: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de las pérdidas, $\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$. Las pérdidas anuales de biomasa se estiman mediante la Ecuación 3.2.24. Esta ecuación reproduce la orientación de las *buenas prácticas* indicada en la Ecuación 3.2.6, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.

Las pérdidas de biomasa debidas a la recolección (P_{talas}) se estiman mediante la Ecuación 3.2.7, Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Los Cuadros 3A.1.9 y 3A.1.10 del Anexo 3A.1 contienen datos por defecto de la densidad básica de madera básica y de los factores de expansión de la biomasa. En el Nivel 2 y niveles superiores, se sugiere a los expertos en inventarios que desarrollen valores de la densidad de la madera y del BEF específicos del país para el incremento de la madera en pie y para las recolecciones. La metodología de las *buenas prácticas* para estimar las pérdidas de biomasa debidas a la recogida de leña ($P_{leña}$), incendios y otras perturbaciones ($P_{alteración}$) se describen también en la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Si no se dispone de datos sobre las pérdidas para esta categoría de tierras, todos

los términos de pérdida se fijarán en el valor 0, con lo que también $\Delta C_{TTFPÉRDIDA}$ será igual a 0. Es una *buena práctica* asegurarse de que hay coherencia entre las pérdidas de biomasa notificadas en esta categoría y las correspondientes a la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, para evitar sobreestimaciones o subestimaciones debidas a doble cómputo o a omisiones.

Nivel 3: En el Nivel 3 se utilizan las mismas ecuaciones y se siguen las mismas etapas que en el Nivel 2, pero debería estar basado en una metodología sustancialmente nacional y utilizar únicamente datos específicos del país. Se utilizará el Nivel 3 cuando la conversión de tierras en bosques constituya una categoría esencial. En el inventario, las Ecuaciones 3.2.25 y 3.2.26 se expanden a escala geográfica fina y en estratificaciones en términos de ecosistemas, tipos de vegetación, subdivisiones de depósitos de biomasa, y tipos de tierras, antes de efectuar las conversiones. Las metodologías definidas por el país podrán estar basadas en un inventario sistemático de los bosques o utilizar datos georeferenciados y/o modelos que tengan cuenta las variaciones de la biomasa. Los datos de actividad nacional deberían ser de alta resolución y estar disponibles regularmente para todas las categorías de tierras convertidas y de tipos de bosques establecidos en ellas. La metodología debería describirse y documentarse como se especifica en la Sección 5.5.6, Documentación, archivado y presentación de informes.

3.2.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

INCREMENTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA, ΔC_{TTF_C}

En los cálculos se diferencia entre dos prácticas de gestión generales: intensiva (por ejemplo, silvicultura de plantaciones con preparación y fertilización intensiva del lugar) y extensiva (por ejemplo, bosques regenerados naturalmente con mínima intervención humana). Estas categorías pueden perfeccionarse también con arreglo a las circunstancias nacionales; por ejemplo, en función del origen de la población arbórea, es decir, si se ha regenerado natural o artificialmente.

Nivel 1: En las *Directrices del IPCC* se ofrece una metodología por defecto solamente para los cálculos de la biomasa sobre el suelo. En esta Orientación se ofrece una metodología de *buenas prácticas* para estimar la biomasa viva obtenida sumando los depósitos de biomasa sobre el suelo y bajo el suelo (la Sección 3.1, Introducción, contiene una descripción de los depósitos). Los Cuadros 3A.1.5 y 3A.1.6 del Anexo 3A.1 representan valores anuales medios por defecto de la biomasa sobre el suelo en bosques gestionados intensiva y extensivamente (denominados plantaciones y bosques regenerados naturalmente). Las relaciones entre la biomasa bajo el suelo y sobre el suelo (relación raíz-vástago) del Cuadro 3A.1.8 deberían utilizarse para incluir la biomasa bajo el suelo en las estimaciones de la biomasa viva. La densidad de madera básica (Cuadro 3A.1.9) y los factores de expansión de la biomasa (Cuadro 3A.1.10) permiten calcular la biomasa conforme se estipula en la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.

Nivel 2: Es una *buena práctica* determinar, siempre que sea posible, los valores de incremento anual, las relaciones raíz-vástago, la densidad de madera básica, y los factores de expansión de la biomasa con arreglo a las condiciones nacionales, y utilizarlos en los cálculos en el marco del Nivel 2. Las posibles estratificaciones corresponden a la composición de especies arbóreas, al régimen de gestión, a la edad o el volumen de los rodales, a la región climática y al tipo de suelo. Se sugiere a los países que investiguen para obtener factores específicos del secuestro y expansión de la biomasa. En la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, se encontrarán otras orientaciones.

Nivel 3: La contabilización de las absorciones de carbono en la biomasa se efectuará basándose en las tasas de crecimiento anual específicas del país y en la fracción de carbono de la biomasa proveniente de inventarios y/o modelos especializados de bosques. Los expertos en inventarios se asegurarán de que los modelos y datos del inventario forestal estén descritos con arreglo a los procedimientos de muestreo y de otra índole del Capítulo 5, Cuestiones multisectoriales.

VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE BIOMASA EN LAS TIERRAS ANTES Y DESPUÉS DE LA CONVERSIÓN, $\Delta C_{TTF_{CONVERSIÓN}}$

Es una *buena práctica* utilizar valores de las reservas de biomasa para usos de la tierra previos a la conversión que concuerden con los valores utilizados en los cálculos para otras categorías de tierra. Así, por ejemplo, si se utilizan valores de las reservas de carbono para estimar la variación de dichas reservas en praderas que siguen siendo praderas, deberían utilizarse los mismos valores por defecto para evaluar las reservas de carbono en praderas antes de su conversión en tierras forestales.

Nivel 1: Las *Directrices del IPCC* no contienen estimaciones de la variación de la biomasa en los procesos de conversión. En el Nivel 1, $\Delta C_{TTF_{CONVERSIÓN}}$ no se incluye en los cálculos.

Nivel 2: Es una *buena práctica* obtener y utilizar, siempre que sea posible, datos específicos del país sobre las reservas de biomasa en las tierras antes y después de la conversión. Las estimaciones deberían ser coherentes con las utilizadas para calcular la variación de las reservas de carbono en praderas, tierras agrícolas, humedales, asentamientos y categorías de bosques, y obtenerse de organismos nacionales o de muestreos. En el Nivel 2 se

podrán combinar las reservas de biomasa específicas del país con los valores por defecto (indicados en los Cuadros 3A.1.2 y 3A.1.3). Con respecto al valor por defecto de las reservas de biomasa para usos de la tierra previos a la conversión, hay que remitirse a otras categorías de tierras descritas en la Orientación.

Nivel 3: Las estimaciones y los cálculos deberían basarse en encuestas y modelos específicos del país. Las encuestas estarán basadas en los principios expuestos en la Sección 5.3, y los modelos y datos estarán documentados con arreglo a los procedimientos descritos en el Capítulo 5, Cuestiones multisectoriales.

VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA POR EFECTO DE LAS PÉRDIDAS, ΔC_{TTF} _P

La recolección, así como ciertas perturbaciones naturales (vendavales, incendios o plagas de insectos) pueden ocasionar pérdidas de carbono en las tierras convertidas en bosques. Es una buena práctica notificar tales situaciones. En la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales) se ofrece un planteamiento basado en *buenas prácticas* para estimar las pérdidas de carbono debidas a la recolección y a perturbaciones naturales, que es aplicable íntegramente y que debería utilizarse para los correspondientes cálculos de la Sección 3.2.2.1.1. Si la variación de las reservas de C se ha obtenido de inventarios repetidos, las pérdidas procedentes de la recolección y de las alteraciones quedarán cubiertas sin necesidad de informar por separado de ellas. Es una *buena práctica* asegurarse de que existe coherencia entre las pérdidas de biomasa notificadas en esta categoría y las correspondientes a la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, para evitar el doble cómputo o la omisión de las pérdidas de biomasa.

3.2.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

SUPERFICIE DE TIERRA CONVERTIDA, S_{GEST_INT} , S_{GEST_INT} , $\Delta S_{EN\ BOSQUE}$

En todos los niveles metodológicos se necesita información sobre las superficies convertidas en tierras forestales durante un período de 20 años. Transcurridos esos 20 años, dichas superficies se contabilizan con arreglo a la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Aquí se trata de las tierras que experimentan una conversión de su uso predominante. Así, la regeneración de tierras forestales recientemente taladas como consecuencia, por ejemplo, de la recolección o de perturbaciones naturales, debería ser contabilizada en el marco de la Sección 3.2.1, Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, ya que no ha habido cambio de uso de la tierra. Esos mismos datos se utilizarán en relación con las Secciones 3.2.2.2, Variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta, 3.2.2.3, Variación de las reservas de carbono en el suelo, y 3.2.2.4, Emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂. Para estratificar las estimaciones de superficie convendría tener en cuenta, a ser posible, los principales tipos de suelo y densidades de biomasa en la tierra antes y después de la conversión.

Por coherencia con las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC*, las áreas forestales que rebrotan de manera natural en tierras abandonadas deberían diferenciarse de otros tipos de conversión de tierras en bosques. Se sugiere a los expertos en inventarios que obtengan información sobre los usos anteriores de la tierra antes de efectuar esa distinción. Cuando se utilice el procedimiento 1 del Capítulo 2 podrán ser necesarios datos adicionales para diferenciar entre áreas de regeneración natural y artificial.

Nivel 1: Los datos de actividad pueden obtenerse de las estadísticas nacionales, de los servicios forestales (que pueden tener información sobre áreas sometidas a prácticas de gestión diferentes), de los organismos de conservación (especialmente respecto de áreas gestionadas para su regeneración natural), o de municipios, encuestas y organismos cartográficos. Convendría cotejar los datos para asegurarse de que la representación es completa y coherente y de que evita las omisiones o el doble cómputo, como se especifica en el Capítulo 2. Si no se dispone de datos sobre el país, puede obtenerse información totalizada de fuentes de datos internacionales (FAO, 1995; FAO, 2001; TBFRA, 2000).

Puede recurrirse al dictamen de expertos para decidir si los nuevos bosques son gestionados predominantemente de manera intensiva o extensiva. En tales casos, los datos sobre S_{GEST_INT} y S_{GEST_INT} pueden obtenerse multiplicando la variación de superficie anual, en kha, por el período de conversión (el período por defecto son 20 años). Si fuera posible estimar la proporción de superficies de bosque gestionado intensivamente y extensivamente, tal información podría utilizarse para compartimentar aún más las superficies a fin de obtener unas estimaciones más exactas.

Nivel 2: Debería conocerse la superficie de las diversas categorías de tierras sometidas a conversión durante un año dado o durante un período de años dado. Los datos provienen de fuentes de datos nacionales y de una matriz de cambios de uso de la tierra, o equivalente, que abarque todas las transiciones posibles a tierras forestales.

Los conjuntos de datos definidos a nivel nacional deberían tener una resolución suficiente para proporcionar una representación apropiada de las áreas de tierra que concuerde con lo dispuesto en el Capítulo 2.

Nivel 3: Se dispone de datos de actividad nacionales sobre la conversión de tierras para su uso como bosques mediante regeneración natural y artificial, posiblemente de diversas fuentes, y en particular de inventarios forestales nacionales, registros de usos de la tierra y de cambios de uso de la tierra, y teledetección, como se describe en el Capítulo 2. Estos datos deberían dar cuenta de todas las transiciones de uso de la tierra en tierras forestales, desglosadas con arreglo a los tipos de clima, de suelo y de vegetación.

3.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Factores de emisión y de absorción: Los valores por defecto no nulos de la densidad de la madera y de los factores de expansión pueden llevar asociada una incertidumbre igual a un factor de 2. Las principales fuentes de incertidumbre en los datos por defecto y en los datos específicos del país están relacionadas con la promediación de números primarios muy variables y la posterior extrapolación de valores medios en grandes áreas. La utilización de datos de inventario y modelos regionales y específicos del país en los Niveles 2 y 3 permite reducir notablemente las incertidumbres. Así, la incertidumbre de los valores determinados a nivel nacional puede situarse en torno a $\pm 30\%$ (Zagrev *et al.*, 1992; Filipchuk *et al.*, 2000). Para reducir la incertidumbre pueden adoptarse las medidas siguientes: incrementar el número de parcelas de muestreo representativas y de mediciones en ellas; estratificar aún más las estimaciones basándose en las similitudes del crecimiento, del microclima y de otras características medioambientales; y desarrollar parámetros locales y regionales basándose en encuestas pormenorizadas y en el intercambio de información. Si se aplican modelos complejos, los expertos en inventarios deberían realizar sus propias verificaciones y documentaciones con arreglo al Capítulo 5.

Datos de actividad: La incertidumbre asociada a los datos de actividad dependerán de las fuentes de información que se utilicen a nivel nacional y de los planteamientos para identificar las áreas de tierra, conforme al Capítulo 2. La combinación de datos de teledetección y de encuestas sobre el terreno es el método más rentable para medir las áreas en que cambian los usos de la tierra. Tal método conlleva incertidumbres tan reducidas como $\pm 10\text{-}15\%$, y debería aplicarse en niveles metodológicos superiores. La mejor manera de reducir la incertidumbre en la estimación de las variaciones de superficie es aplicar técnicas avanzadas de encuesta sobre gran número de tierras a escala regional y local. Sin embargo, su aplicación puede verse limitada por las posibilidades de determinados países. Para reducir tanto la incertidumbre en las estimaciones de superficie como el costo de utilizar determinados métodos, podrían establecerse centros regionales de datos de teledetección, a cargo de varios países, para compartir y utilizar en común la información obtenida con miras a la gestión sostenible de las tierras.

3.2.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA

3.2.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Para aplicar los métodos de cuantificación de las emisiones y absorciones de carbono en depósitos de materia orgánica muerta tras la conversión de tierras en tierras forestales es necesario estimar las reservas de carbono inmediatamente antes y después de la conversión, así como las áreas de tierra convertidas durante ese período. En la mayoría de los restantes usos de la tierra no habrá depósitos de madera muerta o de detritus, por lo que puede suponerse, por defecto, que los correspondientes depósitos de carbono previos a la conversión son nulos. Los bosques no gestionados convertidos en bosques gestionados pueden contener cantidades importantes de carbono en tales depósitos, al igual que los pastizales, los humedales, y las áreas forestales circundantes de asentamientos que hayan sido definidos como tales en razón de su uso en las inmediaciones y no de su cubierta terrestre. El valor por defecto 0 debería comprobarse, por consiguiente, en el marco de los Niveles 2 y 3. La conversión de tierras no forestales en forestales puede ser tan lenta que resulte difícil discernir la fecha de la verdadera conversión; sin embargo tales áreas, si están gestionadas, se contabilizarán probablemente como bosques gestionados en función de la cubierta de copa y de otros umbrales.

3.2.2.2.1.1 Elección del método

Procedimiento para calcular la variación de las reservas de carbono en la madera muerta

En teoría, una vez que las reservas de carbono han adoptado el valor inicial inmediatamente anterior a su conversión en bosque (frecuentemente el valor 0 por defecto, como se ha indicado en el párrafo anterior), la variación anual en las áreas convertidas en plantaciones y en lugares gestionados para su regeneración natural, clasificada por usos anteriores de la tierra y por tipos de bosque, puede estimarse mediante la Ecuación 3.2.27:

ECUACIÓN 3.2.27

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{MM}} = \{ [S_{RNat} \bullet (B_{hacia_{RNat}} - B_{desde_{RNat}})] + [S_{RArt} \bullet (B_{hacia_{RArt}} - B_{desde_{RArt}})] \} \bullet FC$$

donde:

$$B_{hacia_{RNat}} = B_{en\ pie_{RNat}} \bullet M_{RNat} \quad y \quad B_{hacia_{RArt}} = B_{en\ pie_{RArt}} \bullet M_{RArt}$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{MM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

S_{RNat} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante regeneración natural, en ha

S_{RArt} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante el establecimiento de plantaciones, en ha

B_{hacia} = transferencia anual media de biomasa hacia madera muerta para superficie forestal RNat o RArt, en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹

B_{desde} = transferencia anual media de biomasa desde madera muerta para una superficie forestal RNat o RArt, en toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹

$B_{en\ pie}$ = reservas de biomasa en pie, en toneladas m.s. ha⁻¹

M = tasa de mortalidad, es decir, proporción de $B_{en\ pie}$ transferida anualmente al depósito de madera muerta, sin dimensiones

FC = fracción de carbono en la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

Es difícil medir las transferencias hacia un depósito de madera muerta y desde él, y puede ser más fácil utilizar el método de variación de reservas descrito en la Ecuación 3.2.28 que la ecuación anterior si se dispone de datos de encuesta apropiados, recopilados por ejemplo junto con el inventario forestal nacional:

ECUACIÓN 3.2.28

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA MADERA MUERTA, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{TTF_{MM}} = [(B_2 - B_1) / T] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TTF_{MM}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

B_2 = reservas de madera muerta en el momento t_2 , en toneladas m.s. ha⁻¹

B_1 = reservas de madera muerta en el momento t_1 (el momento anterior), en toneladas m.s. ha⁻¹

$T = (t_2 - t_1)$ = período de tiempo transcurrido entre el momento de la segunda estimación de reservas y el momento de la primera, en años

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 (Sección 3.1.6) es de utilidad al seleccionar el nivel apropiado para aplicar los procedimientos de estimación. Frecuentemente, las estimaciones del carbono presente en la madera muerta difieren bastante en función del uso de la tierra anterior, del tipo de bosque o del tipo de regeneración. En teoría, las Ecuaciones 3.2.27 y 3.2.28 deberían arrojar las mismas estimaciones del carbono. En términos prácticos, la disponibilidad de datos y el grado de exactitud deseado determinarán la ecuación elegida.

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, con arreglo a los informes notificados según el Nivel 1, no se presuponen variaciones del carbono en la madera muerta de las tierras convertidas en bosques. Esto concuerda con la Ecuación 3.2.27, en el supuesto de que las transferencias anuales al depósito de madera muerta sean las mismas que las transferencias desde él, y con la Ecuación 3.2.28 si se han realizado inventarios de las reservas de carbono en momentos diferentes.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utiliza la Ecuación 3.2.27 cuando las tasas de transferencia hacia el depósito de madera muerta y desde él se han estimado mediante datos obtenidos de parcelas de investigación situadas en el país o en países de condiciones análogas, y se utiliza la Ecuación 3.2.28 cuando se miden las reservas de carbono. A efectos comparativos, toda nueva parcela que se establezca estará situada teniendo presentes los principios de muestreo estipulados en la Sección 5.3 con estratificación por tipos de bosque y regímenes de conversión.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 pueden utilizarse cuando un país dispone de inventarios detallados basados en parcelas de muestreo de sus bosques gestionados, o de modelos detallados validados con datos representativos de

la acumulación de detritus. El diseño estadístico del inventario (ya sea para la recopilación de muestras o para la validación de modelos) debería ajustarse a los principios enunciados en la Sección 5.3, de modo que facilite unos resultados objetivos y proporcione información sobre las correspondientes incertidumbres.

Procedimiento para calcular la variación del carbono almacenado en detritus

La metodología para estimar la variación del carbono en detritus refleja las diferencias previsible en cuanto a las pautas y la duración de las variaciones del carbono en los detritus de plantaciones gestionadas intensivamente y en los bosques que se regeneran naturalmente en tierras convertidas en bosques.

En teoría, una vez que las reservas de carbono han sido inicializadas en el valor inmediatamente anterior a la conversión en bosque (frecuentemente 0 por defecto, como ya se ha indicado), la variación anual en las áreas convertidas mediante plantación y en los lugares gestionados para su regeneración natural, clasificada por usos de la tierra anteriores y por tipos de bosque, puede estimarse mediante la Ecuación 3.2.29:

ECUACIÓN 3.2.29
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITUS, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{\text{TF}_{\text{Dt}}} = [S_{\text{RNat}} \bullet \Delta C_{\text{RNat}}] + [S_{\text{RArt}} \bullet \Delta C_{\text{RArt}}]$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TF}_{\text{Dt}}}$ = variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

S_{RNat} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante regeneración natural, en ha

S_{RArt} = superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante el establecimiento de plantaciones, en ha

ΔC_{RNat} = variación anual media de las reservas de carbono en detritus para una superficie forestal RNat, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

ΔC_{RArt} = Variación anual media de las reservas de carbono en detritus para una superficie forestal RArt, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

También podrán utilizarse los métodos descritos en la Ecuación 3.2.30 cuando se disponga de datos apropiados obtenidos mediante encuestas:

ECUACIÓN 3.2.30
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN DETRITUS, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{\text{TF}_{\text{Dt}}} = S \bullet (C_{t_2} - C_{t_1}) / T$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TF}_{\text{Dt}}}$ = variación anual de las reservas de carbono en detritus, en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

S = superficie de tierra convertida en tierra forestal, en ha

C_{t_2} = reservas de carbono en detritus en el momento t_2 , en toneladas de C ha⁻¹

C_{t_1} = reservas de carbono en detritus en el momento t_1 (el momento anterior), en toneladas de C ha⁻¹

T (= $t_2 - t_1$) = período de tiempo transcurrido entre el momento de la segunda estimación de reservas y el momento de la primera, en años

La elección de una metodología para estimar este depósito se realiza utilizando el árbol de decisiones general de la Figura 3.1.2 para las tierras convertidas en tierras forestales. Las estimaciones del carbono presente en los detritus difieren con frecuencia mucho en función del uso anterior de la tierra, del tipo de bosque o del tipo de regeneración. En teoría, las Ecuaciones 3.2.29 y 3.2.30 deberían arrojar las mismas estimaciones del carbono. En términos prácticos, la disponibilidad de datos y el grado de exactitud deseado determinarán la ecuación elegida.

Nivel 1 (por defecto): En las *Directrices del IPCC*, en concordancia con la notificación de informes según el Nivel 1, no se presuponen variaciones del carbono en los depósitos de detritus de las tierras convertidas en bosques. Esto es coherente con la Ecuación 3.2.29 en el supuesto de que las transferencias anuales hacia el depósito de detritus sean las mismas que las transferencias desde dicho depósito, y también con la Ecuación 3.2.30 cuando las reservas de carbono en detritus se suponen estables.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utiliza la Ecuación 3.2.29 cuando las tasas de transferencia hacia él y desde él se han estimado mediante datos obtenidos de parcelas de investigación situadas en el país o en países con condiciones análogas, y se utiliza la Ecuación 3.2.30 cuando se miden las reservas de carbono. A efectos comparativos, toda

nueva parcela que se establezca debería estar ubicada con arreglo a los principios de muestreo expuestos en la Sección 5.3 con estratificación por tipos de bosque y por regímenes de conversión.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 podrán utilizarse cuando los países dispongan de inventarios detallados basados en parcelas de muestreo en bosques gestionados, o de modelos detallados validados con datos representativos de la acumulación en los detritus. El diseño estadístico del inventario (ya sea para la recopilación de muestras o para la validación de modelos) debería ajustarse a los principios establecidos en la Sección 5.3, que ayudará a obtener resultados objetivos y proporcionará información sobre las correspondientes incertidumbres.

3.2.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

MADERA MUERTA

Nivel 1: Por defecto, en concordancia con la notificación de informes en el Nivel 1 de las *Directrices del IPCC*, se supondrá un valor estable para las reservas de carbono en la madera muerta en tierras no forestales convertidas en bosques. El efecto neto de los factores de emisión y absorción será, por consiguiente, igual a 0.

Nivel 2: Los valores específicos del país con respecto a las tasas de mortalidad de las reservas de biomasa en pie se obtienen de estudios científicos o de regiones cercanas con bosques y clima similares. Si se obtienen factores de aporte específicos del país pueden también obtenerse, a partir de los datos específicos del país, los correspondientes factores de pérdida para los regímenes de recolección y de alteración. Si sólo se dispone de uno de esos dos factores (entrada o salida) específicos del país, habrá que suponer que el otro es igual al factor conocido. Los factores por defecto del Cuadro 3.2.2 pueden utilizarse para algunas categorías de bosques si no se dispone de valores nacionales o regionales.

Nivel 3: Los países desarrollan sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones en la madera muerta. Tal planteamiento conllevará probablemente programas de mediciones permanentes de inventario, relacionados con datos de actividad de resolución fina, y tal vez estudios de modelización acoplada para conocer la dinámica de todos los depósitos relacionados con los bosques. Algunos países han desarrollado matrices de alteración que proporcionan, para cada tipo de alteración, una pauta de reasignación de carbono entre diferentes depósitos (Kurz y Apps, 1992). Las tasas de descomposición de la madera muerta pueden variar en función de la especie de madera y de las condiciones microclimáticas, y en función de los procedimientos de preparación del lugar (por ejemplo, quema, o quema en piras). Pueden utilizarse los valores por defecto del Cuadro 3.2.2 para comprobar los factores específicos del país.

DETRITUS

Nivel 1 (por defecto): Se supondrá por defecto que las reservas de carbono en detritus en tierras no forestales convertidas en bosques son estables. El efecto neto de los factores de emisión y absorción es, por consiguiente, igual a 0. A los países que experimentan cambios importantes en los tipos de bosque o en los regímenes de alteración o de gestión de sus bosques se les sugiere que desarrollen datos de ámbito nacional para cuantificar ese impacto, y que los notifiquen con arreglo a las metodologías de los Niveles 2 ó 3.

Nivel 2: Cuando se dispone de ellos, es una buena práctica utilizar datos de ámbito nacional sobre las tasas de acumulación neta en detritus para tierras convertidas en bosques con arreglo a diferentes tipos de bosque, junto con los valores por defecto de la última columna del Cuadro 3.2.1 si no se dispone de valores nacionales o regionales para algunas categorías de bosque.

Nivel 3: Los países desarrollan sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones en los detritus, utilizando para ello estimaciones del carbono en los detritus desglosadas a nivel nacional para diferentes tipos de bosque, de regímenes de gestión o de alteración, o ambos. Las estimaciones estarían basadas en mediciones obtenidas de inventarios forestales de ámbito nacional o en otros tipos de información específica del país, posiblemente combinándolas con estudios de modelización para conocer la dinámica de todos los depósitos relacionados con los bosques. Para la comprobación de los factores específicos del país pueden utilizarse los factores por defecto actualizados del Cuadro 3.2.1.

3.2.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad deberían ser coherentes con los utilizados para estimar las variaciones en la biomasa viva en áreas de tierra que están siendo convertidas en bosques. A tal fin, y en consonancia con los principios generales establecidos en el Capítulo 2 y descritos en la Sección 3.2.2.1.1.3, se utilizarán estadísticas de ámbito nacional obtenidas de servicios forestales, organismos de conservación, municipios, encuestas, y organismos cartográficos. Convendría cotejar los datos para asegurarse de que la representación de las tierras convertidas anualmente es completa y coherente, a fin de evitar posibles omisiones o dobles cálculos. Los datos deberían desglosarse con arreglo a las categorías climáticas generales y tipos de bosque del Cuadro 3.2.1. Para los inventarios realizados en el Nivel 3, será necesaria una información más completa sobre el establecimiento de bosques nuevos, con datos refinados sobre la clase de suelo, el clima, o la resolución espacial y temporal. Deberían incluirse todas las variaciones acaecidas en los T años seleccionados como período de transición junto

con las transiciones anteriores a los últimos 20 años notificadas como subdivisiones de bosques que lo siguen siendo.

3.2.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre respecto de la materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras forestales puede ser muy pequeña en términos absolutos durante los primeros años posteriores a la conversión. Las tierras no forestales contendrían muy poca materia orgánica muerta o ninguna. Ésta sólo aparece después del establecimiento, crecimiento y muerte de la vegetación.

MADERA MUERTA

La incertidumbre estimada respecto de la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales durante los primeros años tras la conversión puede ser próxima a cero por ciento. En tierras no forestales convertidas en tierras forestales, es casi seguro que la madera muerta será inexistente. Cuanto más largo sea el período de transición elegido, mayor será la incertidumbre respecto de la madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales. El tema de la incertidumbre respecto de la madera muerta en tierras forestales que lo siguen siendo se expone en la Sección 3.2.1.2.1.4.

DETRITUS

La estimación de la incertidumbre respecto de los detritus en tierras convertidas en tierras forestales es muy semejante a la estimación de la incertidumbre respecto de los detritus en tierras forestales que lo siguen siendo, como se ha indicado en la Sección 3.2.1.2.1.4. Los detritus se acumulan con relativa rapidez. Cuanto más corto sea el período de transición en que las tierras permanecen en la categoría de tierras convertidas en tierras forestales, menor será la incertidumbre respecto de los detritus.

En el Cuadro 3.2.5 se indican las fuentes de incertidumbre asociadas a la estimación de las emisiones y absorciones de CO₂ en suelos forestales y en depósitos de materia orgánica muerta, y se indican varias maneras de reducirlas.

Datos de actividad: La incertidumbre asociada a los datos de actividad respecto de la materia orgánica muerta debería ser coherente con la incertidumbre asociada a los datos de actividad al estimar las variaciones en la biomasa viva en tierras que están siendo convertidas en tierras forestales, como se describe en la Sección 3.2.2.1.1.4.

3.2.2.3 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

En esta sección se describen procedimientos para estimar las emisiones y absorciones de carbono en el suelo de tierras convertidas en tierras forestales. Se ofrecen orientaciones por separado para dos tipos de depósitos de carbono en suelos forestales: 1) la fracción orgánica de suelos forestales minerales; y 2) los suelos orgánicos. La variación de las reservas de carbono en el suelo de tierras convertidas en tierras forestales ($\Delta C_{\text{TTF}_{\text{Suelos}}}$) es igual a la suma de las variaciones de las reservas de carbono en suelos minerales ($\Delta C_{\text{TTF}_{\text{Minerales}}}$) y en suelos orgánicos ($\Delta C_{\text{TTF}_{\text{Orgánicos}}}$).

3.2.2.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS SUELOS MINERALES

Los estudios de la dinámica del carbono en el suelo durante el cambio de tierras no forestales a bosques denotan tendencias, tasas y cadencias muy diversas. Esta variabilidad suele explicarse señalando las diferencias en el diseño experimental y en los procedimientos de muestreo, la diversidad de historiales de uso de la tierra, y los diversos climas y tipos de bosque (Paul *et al.*, 2002; Post y Kwon, 2000). La forestación de pastizales mejorados ha dado lugar a pequeñas disminuciones del C en suelos minerales, en el horizonte de suelo superior, que podrían o no persistir o incluso invertirse en rotaciones subsiguientes (Paul *et al.*, 2002). Se descubrió que las características del lugar determinan también en gran medida la dinámica del C tras la forestación de antiguos pastos (Jackson *et al.*, 2002). Por consiguiente, no hay una pauta coherente en cuanto a la magnitud y dirección a largo plazo de la variación de las reservas de C en el suelo durante un cambio de uso que convierta tierras no forestales en bosques gestionados (Post & Kwon 2000; Polglase *et al.*, 2000).

Por lo general, el C del suelo suele acumularse tras la conversión de tierras de cultivo en bosques (Polglase *et al.*, 2000). Sin embargo, la tasa de acumulación de carbono en el suelo puede depender en gran medida de las condiciones iniciales, relacionadas a su vez con la intensidad del anterior uso de la tierra y con el carbono orgánico que permanece en suelos lábiles antes de restablecimiento del bosque (Post & Kwon, 2000). Pese a la elevada aportación de carbono procedente de los detritus, las características del suelo pueden limitar también la contribución de la acumulación de COS al secuestro total de carbono en el ecosistema durante el rebrote de los bosques (Richter *et al.*, 1999). En función de la profundidad de muestreo del suelo, la redistribución del carbono orgánico a lo largo del suelo puede inducir a conclusiones incorrectas con respecto a la variación neta de las reservas de carbono en el suelo.

El planteamiento propuesto reconoce el potencial de secuestro o de pérdida de COS en tierras convertidas en tierras forestales; permite incorporar los conocimientos y datos científicos disponibles con respecto a la dirección y tasas de variación del COS en bosques recientemente establecidos.

Conceptualmente, la metodología es coherente con la desarrollada en la Sección 3.2.1.3.1.1 (Elección del método), ya que presupone un contenido de carbono estable, promediado en el espacio, en suelos minerales para determinados tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración. Está basada en los supuestos siguientes:

- el cambio de tierras no forestales a tierras forestales puede estar asociado a variaciones del COS, que terminarían alcanzando un punto final estable; y
- el secuestro/liberación de COS durante la transición a un nuevo COS en equilibrio se produce de manera lineal.

SUELOS ORGÁNICOS

Las actividades de forestación o de revitalización de bosques en suelos orgánicos pueden alterar el régimen de humedad al modificar la intercepción de lluvia y la evapotranspiración, e incrementar el aporte de materia orgánica. Estos cambios pueden modificar la dinámica del carbono y establecer un equilibrio entre la liberación de CO₂ y de CH₄ a la atmósfera, y permitirían esperar que la conversión de tierras en bosques sobre suelos orgánicos (expresa o previamente) drenados fuera una fuente antropógena de CO₂. Se supondrá que ello no sucede cuando la conversión en bosques se produce sin drenaje.

CUADRO 3.2.5		
FUENTES DE INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES/ABSORCIONES DE CO₂ EN SUELOS FORESTALES Y EN DEPÓSITOS DE MATERIA ORGÁNICA MUERTA		
Fuentes de incertidumbre	Características	Tratamiento
Datos de actividad		
Omisión de áreas forestales gestionadas	No todas las áreas forestales gestionadas se caracterizan por el tipo de bosque, las prácticas de gestión y los regímenes de alteración; los cambios de tipo de bosque, de prácticas o de situación no están documentados	Documentar y vigilar los tipos de bosque, las prácticas de gestión y las perturbaciones
Omisión de cambios pertinentes en acontecimientos o prácticas	Omisión de ciertos cambios de uso de la tierra, prácticas o perturbaciones consideradas causantes de emisiones o absorciones de GEI	Exponer y documentar; examinar el posible efecto sobre la validez de las estimaciones
Cartografía de datos de actividad espacial (por ejemplo, suelos orgánicos)	Las áreas o las ubicaciones no están cartografiadas con exactitud	Atenerse a las recomendaciones del Capítulo 2 y a los textos habituales del SIG en lo que respecta al tratamiento que se dará a las incertidumbres asociadas a la manipulación de datos espaciales
Ausencia de una estratificación adecuada	Los datos de actividad no están estratificados con arreglo a las variables que contribuyen en mayor medida a la variabilidad general	Potenciar el diseño del muestreo mediante una estratificación mejorada
Utilización de la clasificación por defecto	La clasificación nacional de los usos de la tierra es incompatible con la clasificación por defecto del IPCC	Diseñar un cuadro de correspondencias
Parámetros, factores de emisión/absorción		
Utilización de parámetros por defecto o de factores de emisión/absorción	Los valores por defecto no representan las circunstancias nacionales	Utilizar los valores de incertidumbre por defecto. Dar prioridad a las mejoras para reducir en primer lugar las incertidumbres mayores
Diseño del muestreo	La estratificación y la intensidad de muestreo reflejan de manera incompleta la variabilidad espacial	Cuantificar la incertidumbre aleatoria (véase el Capítulo 5 de <i>OBP2000</i>)
Protocolo de muestreo incoherente	El horizonte de muestreo, la profundidad, la replicación, las muestras compuestas, el manejo de fragmentos gruesos, las mediciones de la densidad aparente no son coherentes	Mejorar y/o normalizar el protocolo de muestreo; desarrollar un cuadro de correspondencias entre diferentes protocolos
Espesor de la capa	Sólo se recogieron muestras de suelos superficiales (0-30 cm)	Suponer que una capa de 0-30 cm contiene sólo un 50% del C en suelos forestales; estimar la incertidumbre en consonancia
	La capa de humus bajo los guijarros no es una muestra: sobreestimación de las reservas de C	Evaluar y ajustar el diseño del muestreo a nivel de parcela con arreglo a la variabilidad microespacial
	Identificación incoherente de los horizontes de suelo o de las profundidades de referencia	Se supondrá que la estructura vertical del perfil del suelo es constante durante un muestreo reiterado en lugares forestales sin preparación mecánica del lugar
Densidad aparente (DA)	Densidad aparente no medida en todos los lugares de muestreo; valores de densidad aparente inexactos, especialmente en subsuelos compactos o densos;	Utilizar datos adicionales obtenidos de publicaciones o de bases de datos para identificar errores sistemáticos con respecto a la DA, y suplementar los datos que falten; pedir que se realicen mediciones representativas de la DA
Fragmentos gruesos	No se evalúa el volumen o la masa de los fragmentos gruesos	Utilizar datos adicionales obtenidos de publicaciones o de bases de datos para identificar errores sistemáticos con respecto a los fragmentos gruesos; calibrar y normalizar la evaluación del contenido de fragmentos gruesos durante las campañas de muestreo
Concentración de carbono	Los métodos analíticos de análisis del C han cambiado	A ser posible, evitar modificar los métodos analíticos; desarrollar factores de corrección obtenidos de estudios de laboratorio comparativos, o utilizar valores publicados
Escalar los valores experimentales de FE a grandes extensiones (por ejemplo, FE _{Drenaje})	Los valores experimentales obtenidos de estudios específicos del lugar se aplican a grandes extensiones	Seguir las Directrices del Capítulo 5 en lo referente al aumento a escala

3.2.2.3.1.1 Elección del método

SUELOS MINERALES

La Ecuación 3.2.31 indica que la variación de las reservas de carbono en el suelo es, para cada año de inventario, igual a la suma de las variaciones de las reservas de carbono en bosques nuevos, gestionados intensiva y extensivamente, establecidos durante menos de T años. La ecuación refleja diferencias previsible en las pautas y en la duración de las variaciones del COS en bosques gestionados intensiva y extensivamente.

ECUACIÓN 3.2.31

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES¹

$$\Delta C_{\text{TTFMinerales}} = \Delta C_{\text{TTFForestal Ext}} + \Delta C_{\text{TTFForestal Int}}$$

donde,

$$\Delta C_{\text{TTFForestal Ext}} = [(\text{COS}_{\text{Forestal Ext}} - \text{COS}_{\text{Tierra no forestal}}) \bullet S_{\text{Forestal Ext}}] / T_{\text{Forestal Ext}}$$

$$\Delta C_{\text{TTFForestal Int}} = [(\text{COS}_{\text{Forestal Int}} - \text{COS}_{\text{Tierra no forestal}}) \bullet S_{\text{Forestal Int}}] / T_{\text{Forestal Int}}$$

y

$$\text{COS}_{\text{Forestal Int, Ext}} = \text{COS}_{\text{ref}} \bullet f_{\text{tipo bosque}} \bullet f_{\text{intensidad gest}} \bullet f_{\text{régimen alt}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TTFMinerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales para el año de inventario, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{TTFForestal Ext}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras forestales gestionadas extensivamente, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{TTFForestal Int}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras forestales gestionadas intensivamente, en toneladas de C año⁻¹

$\text{COS}_{\text{Forestal Ext}}$ = reservas de carbono orgánico en suelos estables para un bosque nuevo, gestionado extensivamente, en toneladas de C ha⁻¹

$\text{COS}_{\text{Forestal Int}}$ = reservas de carbono orgánico en suelos estables para un bosque nuevo, gestionado intensivamente, en toneladas de C ha⁻¹

$\text{COS}_{\text{Tierra no forestal}}$ = reservas de carbono orgánico del suelo de tierras no forestales antes de su conversión, en toneladas de C ha⁻¹

$S_{\text{Forestal Ext}}$ = superficie de tierra convertida en bosque gestionado extensivamente, en ha

$S_{\text{Forestal Int}}$ = superficie de tierra convertida en bosque gestionado intensivamente, en ha

$T_{\text{Forestal Ext}}$ = duración de la transición entre $\text{COS}_{\text{Tierra no forestal}}$ y $\text{COS}_{\text{Forestal Ext}}$, en años

$T_{\text{Forestal Int}}$ = duración de la transición entre $\text{COS}_{\text{Tierra no forestal}}$ y $\text{COS}_{\text{Forestal Int}}$, en años

COS_{ref} = valores de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado, en toneladas de C año⁻¹

$f_{\text{tipo bosque}}$ = factor de ajuste para un tipo de bosque diferente de la vegetación forestal nativa, sin dimensiones

$f_{\text{intensidad gest}}$ = factor de ajuste del efecto de la intensidad de gestión, sin dimensiones

$f_{\text{régimen alt}}$ = factor de ajuste que refleja el efecto sobre el COS de un régimen de alteración diferente del natural, sin dimensiones

Nota 1: Estas variaciones de las reservas de carbono deberían notificarse anualmente para $T_{\text{Forestal Ext}}$ y $T_{\text{Forestal Int}}$ años, respectivamente. Por ejemplo, si una tierra es convertida forestal gestionada intensivamente, y $T_{\text{Forestal Int}} = 20$ años, la variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en la superficie $S_{\text{Forestal Int}}$, calculada mediante la Ecuación 3.2.31, debería notificarse en el inventario nacional durante 20 años después de la conversión. La variación total de las reservas de carbono en suelos minerales es la suma de todos los tipos de conversión en tierras forestales.

Cuando las tierras no forestales vuelven a ser vegetación forestal nativa no gestionada:

$$f_{\text{tipo bosque}} = f_{\text{intensidad gest}} = f_{\text{régimen alt}} = 1, \text{ y}$$

$$\text{COS}_{\text{Forestal Int, Ext}} = \text{COS}_{\text{ref}}$$

Las variaciones anuales del COS se producen siempre y cuando hayan transcurrido T años desde la conversión de tierras no forestales en bosques.

El árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 (Sección 3.1.6) aporta orientaciones básicas para elegir un nivel metodológico que permita realizar la estimación.

Nivel 1: En este nivel puede considerarse, opcionalmente, la posibilidad de convertir tierras agrícolas y praderas en tierras forestales, aunque los efectos de tal conversión sobre las reservas de carbono en el suelo no se consideran incluidos en la metodología por defecto de las *Directrices del IPCC*⁷. Dado que no hay distinción entre gestión intensiva y extensiva de nuevos bosques, $COS_{\text{Forestal Ext}} = COS_{\text{Forestal Int}} = COS_{\text{ref}}$, y $T_{\text{Forestal Ext}} = T_{\text{Forestal Int}} = T_{\text{For}}$. Por consiguiente, la ecuación por defecto queda simplificada en la forma:

ECUACIÓN 3.2.32
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES DURANTE UNA FORESTACIÓN¹

$$\Delta C_{\text{TTFMinerales}} = [(COS_{\text{ref}} - COS_{\text{Tierra no forestal}}) \bullet S_{\text{For}}] / T_{\text{For}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TTFMinerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en el año de inventario, en toneladas de C año⁻¹

COS_{ref} = valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados para un suelo dado, en toneladas de C ha⁻¹

$COS_{\text{Tierra no forestal}}$ = carbono orgánico en suelos estables durante el uso anterior de la tierra, tanto agrícola como pradera, en toneladas de C ha⁻¹

S_{For} = tierra forestada total obtenida de anteriores tierras agrícolas o praderas, en ha

T_{For} = duración de la transición de $COS_{\text{Tierra no forestal}}$ a COS_{ref} , en años

Nota 1: Estas variaciones de las reservas de carbono deberían notificarse anualmente durante T_{For} años. Por ejemplo, para una tierra forestada en que $T_{\text{For}} = 20$ años, la variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en la superficie S_{For} , calculada mediante la Ecuación 3.2.32, debería notificarse en el inventario nacional durante 20 años después de la conversión.

En el Nivel 1 los cálculos son muy inciertos; los países en que la conversión de tierras en bosques es una categoría esencial deberían notificarlo con arreglo al Nivel 2 ó 3.

Nivel 2: Para efectuar los cálculos en el Nivel 2, los nuevos tipos de bosque pueden diferenciarse inicialmente en dos grandes categorías de gestión: prácticas de gestión intensivas (por ejemplo, silvicultura de plantaciones con preparación y fertilización intensivas del lugar), o extensivas (bosques naturales con intervención mínima); estas categorías pueden refinarse también a tenor de las circunstancias del país, por ejemplo atendiendo a si la población proviene de una regeneración natural o artificial. En este nivel pueden notificarse los nuevos bosques establecidos en tierras que anteriormente no eran agrícolas ni praderas.

Nivel 3: Los procedimientos de cálculo del Nivel 3 conllevan el desarrollo de una metodología de estimación específica del país, basada en datos de actividad desglosados y en parámetros, estratificados con arreglo a los factores ecológicos y antropógenos de interés nacional. La metodología debería ser completa y abarcar todos los nuevos bosques gestionados y todos los factores antropógenos que influyen en el balance del COS en esas tierras. La Sección 3.2.1.3.1.1, Elección del método, contiene una descripción esquemática de varias etapas genéricas para el desarrollo de una metodología de ámbito nacional.

SUELOS ORGÁNICOS

Cuando la conversión en bosques se produce en suelos orgánicos drenados, los países deberían aplicar, en el marco de los Niveles 1 y 2, la metodología de estimación descrita bajo el epígrafe "Suelos orgánicos" de la Sección 3.2.1.3.1.1 (Elección del método), utilizando la Ecuación 3.2.33 *infra*, que es una versión modificada de la Ecuación 3.2.15. Los métodos del Nivel 3 deberían utilizarse cuando grandes extensiones de suelos orgánicos drenados se hayan convertido en nuevas tierras forestales. Se supondrá que las emisiones continuarán mientras subsista la capa orgánica aeróbica y el suelo esté considerado como suelo orgánico.

ECUACIÓN 3.2.33
EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

$$\Delta C_{\text{TTFOrgánicos}} = S_{\text{Drenado for}} \bullet FE_{\text{Drenaje}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TTFOrgánicos}}$ = emisiones de CO₂ procedentes de suelos forestales orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales, en toneladas de C año⁻¹

$S_{\text{Drenado for}}$ = superficie de suelos orgánicos drenados en tierras convertidas en tierras forestales, en ha

FE_{Drenaje} = factor de emisión de CO₂ en suelos forestales orgánicos drenados, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

⁷ Sí se consideran, en cambio, las pérdidas de carbono del suelo procedentes de la conversión de bosques y praderas en otras categorías.

3.2.2.3.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

SUELOS MINERALES

Los parámetros a estimar son COS_{Ref} , $COS_{Forestal Ext}$, $COS_{Forestal Int}$, $T_{Forestal Int}$, $T_{Forestal Ext}$, $COS_{Tierra no forestal}$, $f_{tipo bosque}$, $f_{intensidad gest}$ y $f_{régimen alt}$.

Nivel 1: En los cálculos del nivel del Nivel 1, $f_{tipo bosque} = f_{intensidad gest} = f_{régimen alt} = 1$, por lo que en el nuevo bosque $COS = COS_{Ref}$. En el Cuadro 3.2.4 se indican valores por defecto de COS_{Ref} para vegetaciones nativas y categorías genéricas de suelos y climas.

Dado que sólo se considera la conversión de tierras agrícolas y de praderas, los valores de $COS_{Tierra no forestal}$ deberían ser coherentes con los valores de COS notificados para las tierras agrícolas (véanse las orientaciones de la Sección 3.3.1.2) o las praderas (véanse las directrices de la Sección 3.4.1.2).

$T_{For Nat} = T_{For Int} = T_{For}$ es el número de años que tardarán las tierras agrícolas abandonadas en recuperarse hasta alcanzar la biomasa forestal nativa con el tipo de vegetación y el clima nativos, situación que podría alcanzarse en un plazo de entre 20 y 100 años, o incluso más para los ecosistemas de zonas templadas y boreales. Esta dinámica de largo plazo tendría que ser vigilada en la categoría de bosques que lo siguen siendo una vez que las tierras sean transferidas de la categoría de conversión.

Nivel 2: En los procedimientos de cálculo del Nivel 2, los países proporcionan sus propios valores de COS_{Ref} , $COS_{Forestal Ext}$, $COS_{Forestal Int}$, $T_{Forestal Int}$, $T_{Forestal Ext}$, $COS_{Tierra no forestal}$, $f_{tipo bosque}$, $f_{intensidad gest}$ y $f_{régimen alt}$.

Los valores por defecto de COS_{Ref} deberían ser sustituidos por datos que reflejen mejor las circunstancias nacionales, basados en los correspondientes tipos de bosque y regímenes de alteración naturales. Debería dedicarse especial atención al valor de COS_{Ref} , para el que sólo se utilizará como valor por defecto el valor estable de COS en el estado final de una forestación cuando exista evidencia documentada de que los nuevos bosques son ecológicamente similares a la vegetación nativa y no son gestionados. Si los bosques han sido establecidos en áreas en que históricamente no han existido, el valor de COS_{Ref} podrá obtenerse de los datos más representativos que puedan obtenerse en las publicaciones, o de encuestas sobre los suelos en bosques y tipos de suelo comparables.

Los valores nacionales de $COS_{Forestal Ext}$, $COS_{Forestal Int}$ y $f_{tipo bosque}$, $f_{intensidad gest}$ y $f_{régimen alt}$ deberían ser coherentes con los tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración utilizados en los procedimientos de estimación del COS en bosques que lo siguen siendo (Sección 3.2.1.3.1.2, Elección de factores de emisión/absorción). La obtención de estos parámetros debería efectuarse con arreglo a las orientaciones que figuran en el texto correspondiente de la Sección 3.2.1.3.1.2.

Los valores de $COS_{Tierra no forestal}$ deberían ser coherentes con los notificados en las restantes categorías de tierras.

Debería estimarse el período requerido para alcanzar unos valores estables del COS en bosques, teniendo en cuenta que las tasas de secuestro de C en el suelo son menores que en la biomasa sobre el suelo, que las variaciones superficiales del COS darán sólo una idea parcial de la redistribución vertical del carbono a lo largo del perfil del suelo, que la transición podría ser más breve para los nuevos bosques gestionados intensivamente que para los gestionados extensivamente, y que, en igualdad de condiciones, el valor de $COS_{Forestal Int}$ será probablemente a largo plazo inferior al de $COS_{Forestal Ext}$.

El proceso lineal del secuestro de C podrá ser sustituido por representaciones sigmoideas o equivalentes, cuando se disponga de datos.

Nivel 3: En este nivel, los países desarrollan sus propias metodologías y parámetros para estimar las variaciones del COS asociadas a la creación de nuevos bosques. Tales metodologías incorporarán probablemente programas de vigilancia rigurosos de larga duración, además de estudios de modelización numéricos y/o dinámicos, y serán coherentes con los métodos utilizados para estimar las emisiones/absorciones en los depósitos de COS para tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. Con arreglo a su capacidad, deberían utilizarse modelos que representen adecuadamente la diversidad de condiciones y prácticas que se dan en el área de interés, así como su compatibilidad con los datos nacionales disponibles. Dada la complejidad de esos modelos, podría ser difícil cuantificar la incertidumbre asociada a sus resultados. La utilización de modelos debería ir acompañada de una validación independiente de sus supuestos, parámetros, reglas y resultados para todo tipo de condiciones y prácticas contempladas por el modelo.

SUELOS ORGÁNICOS

El factor de emisión que hay que estimar es $FE_{Drenaje}$ para las emisiones de CO_2 provenientes de suelos orgánicos drenados convertidos en tierras forestales [en toneladas de C $ha^{-1} año^{-1}$], como se indica en la Sección 3.2.1.3.1.2 a propósito de los factores de emisión en suelos orgánicos. En el Cuadro 3.2.3 se ofrecen valores por defecto.

3.2.2.3.1.3 Elección de datos de actividad

SUELOS MINERALES

En el Nivel 1, los datos de actividad consisten en estimaciones de todas las tierras agrícolas y praderas convertidas en bosques, o bien deliberadamente o bien como resultado de un abandono, en consonancia con las directrices del Capítulo 2. Las pautas de conversión típicas consisten en el establecimiento de plantaciones en tierras agrícolas marginales, en tierras agrícolas degradadas y abandonadas de áreas marginalmente productivas, o en tierras agrícolas y abandonadas por otras razones.

En los Niveles 2 y 3, los datos de actividad abarcan todas las tierras convertidas en tierras forestales, ubicadas con arreglo a las categorías climáticas generales, y diferenciadas según la intensidad de gestión (extensiva o intensiva) y el origen de su masa forestal (establecimiento de un bosque natural o artificial).

En todos los niveles, los nuevos bosques deberían permanecer en la categoría de conversión mientras dure el periodo de transición (valor por defecto: 20 años), para posteriormente clasificarlos como tierras forestales que siguen siendo tierras forestales. La evaluación de las variaciones de COS en los bosques sería mucho más fácil si la información sobre los cambios de uso de la tierra pudiera ir acompañada de datos nacionales sobre el suelo y el clima, y de inventarios de la vegetación y de otros datos geofísicos, y podría ser necesario vigilar durante largo tiempo la dinámica del carbono del suelo en la categoría de tierras forestales que lo siguen siendo, una vez transferido al término del periodo de transición.

Las fuentes de los datos variarán en función de los sistemas de gestión de la tierra del país, es decir, en función de si dependen de empresas o contratos individuales o de organismos de reglamentación y organismos gubernamentales encargados de la planificación, inventario y gestión de los usos de la tierra, o de instituciones de investigación. El formato de los datos consistirá, en particular, en informes de actividad presentados regularmente en el marco de programas de incentivo o con arreglo a las reglamentaciones, o en inventarios de gestión de bosques e imágenes obtenidas por teledetección.

SUELOS ORGÁNICOS

Los datos de actividad están representados por $S_{\text{For Drenado}}$, que es la superficie de suelos orgánicos drenados convertidos en nuevos bosques. Cuando se drena un suelo orgánico con objeto de forestar las tierras, los registros contendrán probablemente información documental sobre la amplitud y ubicación de las actividades de drenado en preparación de la creación del bosque. La situación podría ser diferente cuando se convierten suelos previamente drenados, en cuyo caso podría disponerse sólo de los datos de superficie de las tierras convertidas. Podría ser necesario realizar encuestas adicionales; consúltese el Capítulo 2, y téngase presente la necesidad de ajustar las áreas asignadas a usos de la tierra anteriores para mantener una representación coherente de la superficie de las tierras.

3.2.2.3.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre en los datos sobre el carbono orgánico del suelo es básicamente la misma para las tierras convertidas en tierras forestales y para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (Sección 3.2.1.3.1.4). Una fuente adicional de incertidumbre procede de la evidencia fluctuante con respecto a los efectos que la conversión de tierras en tierras forestales produce en el carbono orgánico del suelo (COS): la dirección y la tasa de cambio del COS dependerán de las condiciones iniciales del suelo en el momento de la conversión, y del potencial del suelo para acumular carbono orgánico. A menos que haya evidencia en contrario, los países deberían presuponer una incertidumbre del 30% con respecto a las condiciones iniciales del suelo.

3.2.2.4 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO₂

Los gases distintos del CO₂ provenientes de la quema de biomasa se examinan en la Sección 3.2.1.4 (Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de biomasa).

En general, la conversión de tierras agrícolas, praderas, asentamientos y otras tierras en tierras forestales no suele alterar las fuentes y sumideros de gases distintos de CO₂ en el suelo, si se compara con las fuentes y sumideros existentes para el uso de la tierra anterior (tierras agrícolas, praderas, asentamientos, otros tipos) o para el nuevo uso (tierras forestales). Este supuesto no siempre se cumplirá, por ejemplo cuando se ara una pradera para después forestarla. Con todo, existen datos suficientes para proporcionar una metodología por defecto. Las emisiones de N₂O provenientes de una gestión basada en la fertilización y el drenaje se examinan en la Sección 3.2.1.4 y en el Apéndice 3a.2.

ÓXIDO NITROSO

En la Figura 3.1.2 se representa el árbol de decisiones para seleccionar el nivel correspondiente en el caso de las emisiones de N₂O procedentes de tierras convertidas en tierras forestales. Si se dispone de datos, el análisis por categorías esenciales se efectuará por separado para cada tipo de conversión de la tierra (agrícola en forestal, pradera en forestal, humedal en forestal, asentamiento en forestal, de otros tipos en forestal).

En **todos los niveles** es una *buena práctica* estimar las emisiones de N₂O procedentes de la aplicación directa de nitrógeno a las tierras durante su conversión en tierras forestales, utilizando métodos descritos en la Sección 3.2.1.4.1 para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, y evitando el doble cómputo en las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, o en las tierras agrícolas. Si no fuera posible desglosar los datos, habría que agregar las emisiones para las tierras forestales que lo siguen siendo, o incluso para las tierras agrícolas, a la categoría esencial, para evitar el doble cómputo. Además, son aplicables las consideraciones siguientes:

Nivel 1: Se supondrá que la conversión en tierras forestales no origina pérdidas de carbono en el suelo. Sobre la base del argumento expuesto en la Sección 3.3.2.3 (Emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO₂), se supondrá que las emisiones de N₂O procedentes de la mineralización del carbono en el suelo son también nulas. Las emisiones de N₂O retardadas procedentes de la aplicación de nitrógeno durante el uso de la tierra anterior y el nuevo uso de la tierra (bosques gestionados) se calculan implícitamente en el inventario, y no es necesario notificarlas por separado, evitando así el doble cómputo.

Nivel 2: Se sugiere a los países que reiteran el inventario de carbono en el suelo que comprueben el supuesto de que la conversión en tierras forestales no ocasiona pérdidas de carbono en el suelo. Si fuera posible documentar las pérdidas de carbono en el suelo, por ejemplo por forestación de praderas, las emisiones de N₂O se notificarán utilizando los mismos niveles y metodologías que para la conversión en tierras agrícolas (Sección 3.3.2.3, Emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO₂). Las emisiones de N₂O retardadas procedentes de la aplicación de nitrógeno durante el uso anterior de la tierra se calculan implícitamente en el inventario, y no es necesario informar de ellas por separado, evitando así el doble cómputo. En la actualidad, no existe información adecuada que permita estimar el efecto de la acumulación de carbono en el suelo en el caso de las emisiones de N₂O.

Nivel 3: Para los países que notifican sus emisiones de N₂O en términos explícitamente espaciales, es una *buena práctica* aplicar los mismos modelos detallados que para las tierras forestales que lo siguen siendo, teniendo presentes las interacciones señaladas para los Niveles 1 y 2.

La conversión de suelos orgánicos en tierras forestales libera N₂O en los casos de drenaje de los humedales, especialmente los suelos orgánicos. Es una *buena práctica* notificar las emisiones de N₂O procedentes del drenaje de suelos orgánicos para la conversión en tierras forestales utilizando el mismo grupo de metodologías que para las emisiones de N₂O procedentes de suelos orgánicos drenados en tierras forestales (Apéndice 3a.2), por razones de coherencia.

3.2.3 Exhaustividad

La exhaustividad es un requisito de la garantía de la calidad (GC) y del control de la calidad (CC) de los inventarios, como se señala en el Capítulo 5.5, y se define, con arreglo al Capítulo 1, en las *Directrices del IPCC*.

El presente volumen contiene orientaciones específicas con respecto a todas las pérdidas en áreas forestales gestionadas (necesarias para una adecuada utilización de la metodología), que en niveles superiores abarca todos los depósitos, y no sólo la biomasa sobre el suelo. Las emisiones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes de incendios y de la aplicación directa de fertilizantes se incluyen en todos los niveles, y el Apéndice 3a.2 contiene sugerencias sobre el óxido nitroso procedente de suelos orgánicos drenados. Las *buenas prácticas* sugeridas para el encalado de los suelos forestales son idénticas a la señaladas en las *Directrices del IPCC*, y no se explican con mayor detalle, aunque el Capítulo 4 contiene métodos más detallados.

3.2.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Es una *buena práctica* elaborar una serie temporal coherente de inventarios de emisiones y absorciones antropógenas de GEI en todas las categorías de UTCUTS, utilizando las orientaciones de la Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos). Dado que los datos de actividad podrían estar disponibles sólo cada varios años, para conseguir la coherencia de la serie temporal puede ser necesario interpolar o extrapolar valores de series o tendencias temporales más largas, posiblemente utilizando información sobre los cambios de las políticas forestales y de los planes de incentivos, cuando éstos son necesarios.

Para estimar las emisiones y absorciones de GEI en cualquiera de los Niveles 1, 2 ó 3, lo ideal sería aplicar de manera coherente el mismo protocolo (estrategia de muestreo, método, etc.) a cada uno de los años de la serie temporal, con el mismo grado de desglose, y, cuando se utilicen datos específicos del país, es una *buena práctica* utilizar los mismos métodos de coeficientes para los cálculos equivalentes en todos los puntos de la serie temporal.

Sin embargo, a medida que aumenta la capacidad de inventario y son más accesibles las fuentes de información y de datos, se incluyen nuevas categorías de fuentes y de sumideros o, pasando a un nivel superior, podrán

actualizarse y refinarse los métodos y datos utilizados para calcular las estimaciones. En tales circunstancias, es una *buena práctica* volver a calcular de manera coherente las emisiones y absorciones históricas (véase la Sección 5.6.3, Nuevos cálculos y datos periódicos). Si faltaran datos históricos, podría ser necesario estimarlos a partir de otras fuentes de datos.

Para contabilizar coherentemente a lo largo del tiempo las áreas de tierra incluidas en el inventario de emisiones/sumideros de C en el suelo será necesario estratificar los datos de actividad por categorías de uso de la tierra mediante una definición común de los tipos de clima y de suelo. De ese modo, algunas áreas sometidas a cambios de uso de la tierra se omitirán o serán objeto de doble cómputo por errores de contabilidad derivados de definiciones incoherentes de estratos de suelo y clima en otras categorías de uso de la tierra. Será necesaria una definición coherente de cada uno de los sistemas de gestión incluidos en el inventario.

El nivel de conocimientos y de detalle acerca de la estimación de las emisiones del suelo mejorará también a lo largo del tiempo, y obligará a recalcular los inventarios históricos para reflejar los nuevos datos y/o métodos, de modo que los datos de actividad estén estratificados en función de definiciones comunes de nuevos tipos de bosque, prácticas de gestión y regímenes de alteración.

En ocasiones, las variaciones en suelos forestales no pueden ser detectadas a una escala temporal más fina de un decenio; será necesario interpolar entre mediciones para obtener estimaciones anuales de las emisiones y absorciones.

Los cambios de tipo de bosque, de prácticas y de perturbaciones deben ser vigilados durante largos períodos de tiempo determinados, por ejemplo, por la dinámica del carbono en el suelo o por los períodos de rotación de los bosques cuando éstos son vigilados específicamente en los cálculos detallados de los modelos. Pueden surgir dificultades por falta de datos históricos sobre estas actividades o episodios. Los datos históricos (incluidas las emisiones de gases distintos del CO₂ en áreas drenadas y humedecidas) tendrán inevitablemente mayor resolución que los datos recientes; algunos tendrán que ser reconstruidos con la ayuda de expertos, lo cual debería documentarse conforme al Capítulo 5.

3.2.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la Sección 3.2 pueden notificarse mediante los cuadros de notificación del Anexo 3A.2. Los requisitos generales de notificación y documentación se indican en el Capítulo 5 y, en términos generales, es una *buena práctica* archivar y documentar todos los datos e información (por ejemplo en forma de figuras, estadísticas, fuentes de hipótesis, tipos de modelos, estudios de validación de los análisis de incertidumbre, métodos de inventario, experimentos de investigación, mediciones obtenidas mediante estudios *in situ*, protocolos asociados, y otros fundamentos de datos básicos) utilizados para producir el inventario nacional de emisiones/absorciones. Deberían notificarse las explicaciones detalladas de la definición de depósito, así como las definiciones que permitan determinar la extensión de las tierras gestionadas incluidas en el inventario, junto con las evidencias de que tales definiciones han sido aplicadas de manera coherente a lo largo del tiempo.

Se necesita también una documentación que demuestre la exhaustividad y coherencia de los datos de la serie temporal y de los métodos de interpolación entre muestras y entre muestras y años, así como una documentación que permita reiterar los cálculos, evitar el doble cómputo, y aplicar los procesos de GC/CC.

A medida que las Partes decidan avanzar hacia niveles superiores cuyos métodos de cálculo y datos no estén descritos en las *Directrices del IPCC* o caracterizados por metodologías más desglosadas, se necesitará documentación adicional que facilite la utilización de metodologías más avanzadas y exactas, de parámetros definidos por el país, y de mapas y conjuntos de datos de alta resolución. Sin embargo, en todos los niveles será necesario explicar las decisiones que se adopten con respecto a la metodología, los coeficientes y los datos de actividad escogidos. Se pretende con ello facilitar la reconstrucción de las estimaciones por terceras partes independientes, aunque podría resultar poco práctico incluir toda la documentación necesaria en el informe del inventario nacional. Por ello, el inventario debería incluir resúmenes de los planteamientos y métodos utilizados, así como referencias a las fuentes de los datos, a fin de que las estimaciones que se notifiquen sean transparentes y permitan reconstruir los procedimientos de cálculo.

La documentación es particularmente importante cuando la metodología, los métodos de cálculo y los datos no están descritos en las *Directrices del IPCC*, como es el caso en los niveles superiores o en los procedimientos más desglosados. Además, es una *buena práctica* aportar documentación sobre:

Factores de emisión: Habrá que citar las fuentes de los factores de emisión utilizados (ya sean los valores por defecto del IPCC u otros). Si se han utilizado factores de emisión específicos del país o de la región, y si se han empleado nuevos métodos (distintos de los métodos por defecto del IPCC), debería describirse y documentarse de manera completa el fundamento científico de tales factores de emisión y métodos. En particular, se definirán los parámetros de aporte, se describirá el proceso mediante el que se obtienen dichos factores y métodos, y se describirán las fuentes y magnitud de las incertidumbres. Los organismos encargados de los inventarios que

utilicen factores de emisión específicos de un país deberían aportar información sobre las razones por las que se selecciona un factor diferente, explicar cómo se ha obtenido, compararlos con otros factores de emisión publicados, explicar toda diferencia importante, y tratar de acotar la incertidumbre.

Datos de actividad: Deberían indicarse las fuentes de todos los datos de actividad como, por ejemplo, superficies, tipos y características de suelos, o cubiertas vegetales, utilizados en los cálculos (es decir, menciones completas de las bases de datos estadísticas de las que se obtuvieron los datos). Será útil indicar los metadatos aplicados a las bases de datos, y en particular información sobre las fechas y frecuencias de la recopilación de datos, los procedimientos de muestreo, los procedimientos analíticos utilizados para obtener las características de los suelos y variaciones mínimas detectables del carbono orgánico, y las estimaciones de exactitud y de precisión. Cuando los datos de actividad no se obtengan directamente de las bases de datos, se indicarán la información y los supuestos utilizados para obtener los datos de actividad, así como estimaciones de la incertidumbre asociada a los datos de actividad obtenidos. Esta consideración es aplicable, en particular, cuando se han utilizado procedimientos de aumento a escala para obtener estimaciones de gran escala; en tales casos, deberían describirse los procedimientos estadísticos, así como las incertidumbres correspondientes.

Resultados de las simulaciones de los modelos: Si los organismos encargados de los inventarios han utilizado datos obtenidos de modelos en sus procedimientos de estimación, deberían indicarse las razones para escoger tales modelos. Es una *buena práctica* incluir menciones completas de publicaciones revisadas por otros expertos en las que se describa el modelo y se interpreten y validen sus resultados. Debería aportarse información detallada para que los revisores evalúen la validez del modelo, y en particular la metodología general de modelización, los supuestos básicos del modelo, los datos de entrada y salida, los valores de los parámetros y los procedimientos de parametrización, los intervalos de confianza de los resultados de los modelos, y los resultados de todos los análisis de sensibilidad de los datos salientes.

Análisis de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones significativas de las emisiones de un año a otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los coeficientes de emisión de un año a otro, y deberían documentarse las razones a que responden tales variaciones. Si se utilizaran factores de emisión diferentes para años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones para ello.

Gases de efecto invernadero distintos del CO₂: Los requisitos de notificación se atienen a los mismos principios que para el CO₂, aunque hay que procurar utilizar métodos que eviten la omisión o el doble cómputo en tierras agrícolas y entre tierras forestales que lo siguen siendo, y en las transiciones a tierras forestales. Es necesario también diferenciar claramente entre la cobertura de las emisiones estimadas mediante las orientaciones del presente Capítulo y la de las emisiones que se atienen a las orientaciones del Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo). Dado el nivel de incertidumbre existente, la claridad en los métodos y en la notificación puede ayudar a mejorar los conocimientos científicos, y favorecerá el examen de los inventarios.

3.2.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios

Las características del sector de UTCUTS implican que la estimación de las emisiones y absorciones de GEI que se han de notificar mediante los inventarios nacionales tengan diferentes niveles de precisión, de exactitud y de error sistemático. Además, las estimaciones están influidas por la calidad y coherencia de los datos y de la información disponibles en determinado país, así como por las lagunas de conocimientos; es más, en función del nivel escogido por una Parte, los valores pueden resultar afectados por diferentes fuentes de error, por ejemplo en el muestreo, en la evaluación o en la clasificación de imágenes de teledetección, o por errores del modelo, que pueden propagarse a la estimación total.

Es una *buena práctica* efectuar comprobaciones de control de la calidad durante los procedimientos de garantía de la calidad (GC) y de control de la calidad (CC), así como un examen especializado de las estimaciones de las emisiones. Podrían efectuarse también comprobaciones adicionales de control de calidad conforme a los procedimientos del Nivel 2 del Capítulo 8 (GC/CC) de *OBP2000* y del Capítulo 5.5 de la presente Orientación, así como procedimientos de garantía de la calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles superiores para estimar las emisiones. Es una *buena práctica* suplementar los procedimientos de GC/CC en cuanto al procesamiento, tratamiento, notificación y documentación de los datos, para lo cual se exponen a continuación diversos procedimientos por categorías específicos de las fuentes.

Los organismos que recopilen datos serán responsables de reexaminar los métodos de recopilación de los datos, de comprobar éstos para asegurarse de que son recopilados y totalizados o desglosados correctamente, y de cotejar los datos con otras fuentes de datos y con los de años precedentes, para asegurarse de que son veraces, completos y coherentes a lo largo del tiempo. En el marco del proceso de GC deberá examinarse y describirse la modalidad de estimación, tanto si está basada en estadísticas obtenidas sobre el terreno como si responde a

cálculos teóricos. La documentación es un componente crucial del proceso de revisión, ya que permite a los revisores identificar inexactitudes y lagunas de información, y sugerir mejoras. La documentación y la transparencia de los informes es de la mayor importancia cuando las fuentes son muy inciertas, como lo es explicar las razones de las divergencias entre los factores específicos del país y los valores por defecto o los utilizados por otros países. Se alienta a los países con condiciones (ecológicas) similares a colaborar en el perfeccionamiento de los métodos, de los factores de emisión y de las evaluaciones de incertidumbre.

COMPROBACIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

El organismo encargado del inventario debería, siempre que sea posible, comprobar los datos relativos a todas las áreas de tierra gestionadas, utilizando fuentes independientes y comparando éstas. Toda diferencia en los registros de área debería documentarse para someterla a revisión. Los datos de actividad totales, por áreas, deberían sumarse para todas las categorías de uso de la tierra, a fin de que la superficie total abarcada por el inventario y su estratificación en función de los tipos de clima y de suelo permanezca constante a lo largo del tiempo. Con ello, se tendrá la certeza de que no se "crean" ni se "pierden" tierras a lo largo del tiempo, y se evitarán errores importantes en el inventario. Cuando se utilicen datos específicos de un país (por ejemplo, la biomasa en pie o las tasas de crecimiento de la biomasa, la fracción de carbono en la biomasa sobre el suelo y los factores de expansión de la biomasa, el consumo de fertilizantes sintéticos y las estimaciones de dicho consumo), el organismo debería compararlos con los valores por defecto del IPCC o con otros valores reconocidos a nivel internacional, como los indicados por la FAO y por la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA), y tomar nota de las diferencias.

Los parámetros específicos del país deberían ser de gran calidad, preferiblemente en forma de datos experimentales revisados por otros expertos, y estar adecuadamente descritos y documentados. Se sugiere a los organismos encargados de los inventarios que apliquen *buenas prácticas* y que sometan los resultados a una revisión por otros expertos. Para validar la fiabilidad de las cifras notificadas, podrán realizarse evaluaciones en áreas de prueba.

El organismo encargado del inventario debería asegurarse de que se han aplicado procedimientos de GC/CC en la categoría de fuentes agrícolas, y de que la excreción de nitrógeno, las pérdidas volátiles y las tasas de aplicación a los bosques son coherentes con las fuentes y con el consumo general de fertilizantes y desechos orgánicos, evitando así un doble cómputo.

El organismo encargado del inventario debería asegurarse de que se examinan todas las turberas boscosas drenadas, y no sólo el drenaje más reciente del año de notificación, y de que el drenaje repetido de un área dada no es contabilizado como un área nueva.

REVISIÓN INTERNA Y EXTERNA

El proceso de revisión, conforme se describe en el Capítulo 5, debería ser realizado por expertos que, a ser posible, no participen directamente en la elaboración del inventario. El organismo debería utilizar expertos en absorciones y emisiones de GEI en el sector de UTCUTS para realizar una revisión por otros expertos de los métodos y datos utilizados. Dada la complejidad y la singularidad de los parámetros utilizados para calcular los factores específicos de un país en ciertas categorías, debería contarse con especialistas en la materia para realizar las revisiones. Cuando los factores del suelo estén basados en mediciones directas, el organismo encargado del inventario debería revisar las mediciones para asegurarse de que son representativas de las posibles condiciones medioambientales y de gestión del suelo, así como de la variabilidad climática interanual, y de que han sido desarrolladas con arreglo a unas pautas reconocidas. Debería considerarse también el protocolo de GC/CC aplicado en los lugares examinados, y las estimaciones resultantes se deberían comparar entre lugares y con las basadas en valores por defecto.

3.3 TIERRAS AGRÍCOLAS

En la presente sección se ofrecen *Orientaciones sobre buenas prácticas* para inventariar y notificar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en "tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas" (TATA) y en "tierras convertidas en tierras agrícolas" (TTA). Se incluyen en las tierras agrícolas todos los cultivos anuales y perennes, así como las tierras en barbecho (tierras que se dejan sin cultivar durante uno o más años a modo de descanso). Los cultivos anuales pueden consistir en cereales, semillas oleaginosas, legumbres, raíces o forrajes. Los cultivos perennes pueden consistir en árboles y matorrales combinados con cultivos herbáceos (p. ej., en la agrosilvicultura) o en huertos, viñedos o plantaciones de cacao, café, té, palma oleaginosa, coco, árboles de caucho o bananos, excepto cuando tales tierras puedan ser clasificadas como tierras forestales.¹ Las tierras arables habitualmente utilizadas para cultivos anuales pero que se utilizan temporalmente para cultivos de forraje o de pastoreo con arreglo a un sistema de rotación anual de cultivos-pastos se incluirán en la categoría de tierras agrícolas.

La cantidad de carbono almacenada en las tierras agrícolas permanentes y emitida o absorbida de éstas dependerá del tipo de cultivo, de las prácticas de gestión y de las variables del suelo y del clima. Así, por ejemplo, los cultivos anuales (p. ej., cereales o legumbres y hortalizas) se recolectan todos los años, con lo que no hay almacenamiento de carbono en la biomasa a largo plazo. Sin embargo, la vegetación boscosa perenne de huertos, viñedos y sistemas agroforestales puede almacenar cantidades considerables de carbono en la biomasa de larga duración, en función del tipo de especie, de la densidad, de las tasas de crecimiento y de las prácticas de recolección y poda. Las reservas de carbono en el suelo pueden ser significativas, y están sometidas a variaciones en la mayoría de las prácticas de gestión, particularmente en relación con los tipos y rotación de cultivos, labranza, drenaje, gestión de residuos y correcciones orgánicas.

La conversión en tierras agrícolas de tierras destinadas a otros usos puede afectar de diversas maneras a las reservas de carbono y a otros gases de efecto invernadero. La conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas y humedales suele producir una pérdida neta de carbono de la biomasa y de los suelos hacia la atmósfera. Sin embargo, las tierras agrícolas establecidas en áreas anteriormente de vegetación escasa o muy perturbadas (por ejemplo, dedicadas a la minería) pueden arrojar una ganancia neta tanto del carbono de la biomasa como del suelo. El término "conversión de uso de la tierra" hace referencia sólo a aquellas tierras que cambian de uso. Cuando en una tierra agrícola perenne se vuelven a plantar cultivos idénticos o diferentes, las tierras seguirán siendo de cultivo; por consiguiente, la variación de las reservas de carbono debería estimarse utilizando métodos aplicables a las tierras agrícolas que lo siguen siendo, conforme a la Sección 3.3.1 *infra*.

Con respecto a las tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, las emisiones de metano (CH₄) y de dióxido nitroso (N₂O) procedentes de la gestión de tierras agrícolas permanentes se examinan en el Capítulo 4 de la publicación del IPCC, *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (OBP2000)*. En la presente publicación se ofrecen orientaciones sobre la elaboración de inventarios y la notificación de emisiones de N₂O procedentes de la conversión de tierras en tierras agrícolas por efecto de la oxidación del suelo.

En esta sección se dan orientaciones sobre la utilización de metodologías básicas y avanzadas para elaborar inventarios e informes sobre las emisiones y absorciones en tierras agrícolas que lo siguen siendo y en tierras convertidas en tierras agrícolas, respecto de los depósitos de biomasa y de carbono en el suelo. Las metodologías están estructuradas en niveles jerárquicos, y los métodos del Nivel 1 utilizan valores por defecto, por lo general con un grado limitado de desglose de los datos de área. En el Nivel 2 se utilizan coeficientes específicos del país y un desglose en escala más fina, lo que reducirá la incertidumbre de las estimaciones de emisión/absorción. Los métodos del Nivel 3 están basados en planteamientos específicos del país, que pueden consistir en modelos de procesos y en mediciones de inventario detalladas. Cuando ha sido posible, se han actualizado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*, y se ofrecen nuevos valores por defecto basados en los resultados de las más recientes investigaciones.

3.3.1 Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas

Las emisiones y absorciones en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas pueden contener dos subcategorías de emisiones/absorciones de CO₂. En la Ecuación 3.3.1 se resumen las emisiones o absorciones netas de carbono procedentes de tierras agrícolas que lo siguen siendo para estas subcategorías: Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (Sección 3.3.1.1) y Variación de las reservas de carbono en el suelo

¹ Como se indica en la Sección 2.2 del Capítulo 2 (Categorías de tierra), el IPCC no ofrece una definición única de los usos forestales o de otros usos de las tierras. Son los países los que determinarán sus propias definiciones con miras a la notificación del inventario. Es una *buen práctica* utilizar definiciones claras en el informe del inventario (incluyendo valores de umbral, por ejemplo de la cubierta de árboles, del área de tierra o de la altura de los árboles), y asegurarse de que la clasificación es coherente para todos los inventarios notificados y con otras definiciones de uso de la tierra.

(3.3.1.2). Como ya se ha señalado, la estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O se enmarca en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000*. En el Cuadro 3.3.1 se resumen los niveles correspondientes a cada una de las dos subcategorías examinadas más adelante.

ECUACIÓN 3.3.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA} = \Delta C_{TATA_{BV}} + \Delta C_{TATA_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{TATA} = variación anual de las reservas de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TATA_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TATA_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año⁻¹

Para convertir toneladas de C en Gg de CO₂ se multiplicará el valor inicial por 44/12 y por 10⁻³. Las convenciones (signos) se indican en la Sección 3.1.7 y en el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y Hojas de trabajo).

CUADRO 3.3.1 DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS			
Nivel Sub- categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa viva (para los cultivos leñosos perennes)	Utilizar coeficientes por defecto para las tasas de acumulación y pérdida de carbono. La superficie media de cultivos leñosos perennes se estimará por regiones climáticas.	Utilizar al menos algunos valores específicos del país respecto de las tasas de acumulación y pérdida de carbono. Utilizar estudios anuales o periódicos detallados para estimar el área de tierra con cultivos leñosos perennes, desglosada en escalas que concuerden con las tasas específicas del país. Se examinará la posibilidad de incluir en las estimaciones la biomasa bajo el suelo, si se dispone de datos. Puede depender de una metodología alternativa consistente en medir o estimar las reservas de carbono en dos momentos diferentes, en lugar de obtener tasas de variación del carbono almacenado.	Utilizar estimaciones de superficie muy desglosadas para categorías detalladas de cultivos leñosos perennes (por ejemplo, café, huertos, sistemas de intercultivo). Aplicar tasas o estimaciones específicas del país respecto de la variación del carbono almacenado en los sistemas de cultivo leñoso perenne. Podrá utilizarse una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización o medición, siempre que proporcione una estimación más exacta de la variación del carbono almacenado).
Suelos	Para las variaciones del carbono en suelos minerales, utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima y de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado, utilizar factores de emisión por defecto, conforme a las <i>Directrices del IPCC</i> .	Para los suelos minerales y orgánicos, utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización o medición).

3.3.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

El carbono puede almacenarse en la biomasa de las tierras agrícolas que contienen vegetación leñosa perenne, y en particular, aunque no exclusivamente, monocultivos como los de café, palma oleaginosa, cacao, plantaciones de caucho, huertos de frutas y frutos secos, y policultivos, como los sistemas agroforestales. La metodología

básica para estimar las variaciones de la biomasa boscosa se indica en las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.2 (Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa) y en la Sección 3.2.1.1 (Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva) de la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales) de la presente publicación. En la sección se exponen en detalle esas metodologías para estimar la variación del carbono en la biomasa viva en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.

3.3.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La variación de la biomasa se estima solamente para los cultivos leñosos perennes. Para los cultivos anuales, se supondrá que el aumento de las reservas de biomasa en un solo año es igual a las pérdidas de biomasa por recolección y mortalidad en ese mismo año; es decir, no hay acumulación neta del carbono almacenado en la biomasa.

La ecuación principal respecto de la variación total del carbono almacenado en la biomasa viva en cultivos leñosos perennes de tierras agrícolas ($\Delta C_{TATA_{BV}}$) es idéntica a la Ecuación 3.2.2 de la Sección 3.2.1 (Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales), con la única diferencia de que las estimaciones de la variación del carbono almacenado son aplicables sólo a la biomasa sobre el suelo, dado que los datos disponibles sobre la biomasa bajo el suelo son limitados. Las tasas de crecimiento y de pérdida por defecto se indican en el Cuadro 3.3.2.

Región climática	Reservas de carbono en la biomasa sobre el suelo en la recolección (toneladas de C ha ⁻¹)	Ciclo recolección /madurez (años)	Tasa de acumulación de biomasa (C) (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Pérdida de carbono de biomasa (P) (toneladas de C ha ⁻¹)	Escala de error ¹
Región templada (todos los regímenes de humedad)	63	30	2,1	63	± 75%
Tropical, seca	9	5	1,8	9	± 75%
Tropical, húmeda	21	8	2,6	21	± 75%
Tropical, muy húmeda	50	5	10,0	50	± 75%

Nota: Los valores se han obtenido de un examen y de síntesis de trabajos de investigación publicados por Schroeder (1994).

¹ Representa una estimación de error nominal, equivalente al doble de la desviación estándar, como porcentaje de la media.

En la actualidad, no hay información suficiente para ofrecer una metodología básica con parámetros por defecto para estimar la variación del carbono almacenado en depósitos de materia orgánica muerta, en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.

3.3.1.1.1.1 Elección del método

Para estimar las variaciones del carbono en la biomasa de tierras agrícolas (ΔC_{TATABV}) hay dos metodologías alternativas: a) estimar las tasas anuales de crecimiento y pérdida (Ecuación 3.2.2 de la sección “Tierras forestales”) o b) estimar las reservas de carbono en dos momentos diferentes (Ecuación 3.2.3 de esa misma sección). Se expone a continuación la primera metodología como método básico del Nivel 1; puede servir también para los Niveles 2 ó 3, con las mejoras indicadas más adelante. La segunda metodología se expone como método del Nivel 2 o del Nivel 3.

Como se describe a continuación con más detalles, el Nivel 1 está basado en estimaciones de superficie muy desglosadas para cultivos leñosos perennes genéricos utilizando valores por defecto para las tasas de acumulación y las pérdidas de carbono. En cambio, una estimación del Nivel 2 permitirá por lo general obtener estimaciones respecto de los principales tipos de cultivo leñoso por zonas climáticas, utilizando valores específicos del país para las tasas de acumulación de carbono y las pérdidas de reservas, cuando ello sea posible, o estimaciones específicas del país respecto de las reservas de carbono en dos momentos diferentes. En las estimaciones del Nivel 3 utilizará un planteamiento del Nivel 2 muy desglosado o un método específico del país que conlleve la modelización de procesos y/o mediciones detalladas. Todos los países deberían tratar de mejorar las metodologías de inventario y de notificación situándose en el nivel más alto que permitan las circunstancias nacionales. Es una *buen práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas sea una categoría esencial, y cuando la subcategoría de biomasa viva se considere significativa basándose en principios descritos

en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 como ayuda para la elección del método.

Nivel 1: El método básico consiste en multiplicar la superficie de tierra agrícola leñosa perenne por una estimación neta de la acumulación de biomasa vinculada al crecimiento, restando luego las pérdidas asociadas a la recolección o a otras absorciones (conforme a la Ecuación 3.2.2 de la sección “Tierras forestales”). Las pérdidas se estimarán multiplicando el valor de las reservas de carbono por la superficie de tierras agrícolas en que se recolectan o eliminan los cultivos leñosos perennes.

Los supuestos por defecto para el Nivel 1 son los siguientes: todo el carbono eliminado de la biomasa boscosa perenne (por ejemplo, de la biomasa talada para plantar un cultivo diferente) es emitido en el año de su absorción; y los cultivos leñosos perennes acumulan carbono durante un tiempo igual a un ciclo nominal de recolección/madurez. Este último supuesto implica que los cultivos leñosos perennes acumulan biomasa durante un período finito hasta que son eliminados mediante recolección, o alcanzan un estado estacionario en que no hay acumulación neta de carbono en la biomasa, dado que las tasas de crecimiento han sido más lentas y que las ganancias obtenidas del crecimiento están compensadas por las pérdidas por mortalidad natural, poda u otros tipos de pérdidas.

En el Nivel 1 los factores por defecto, que se examinan con mayor detalle en la Sección 3.3.1.1.2 y en el Cuadro 3.3.2, se aplican a las estimaciones de superficie de tierra obtenidas en el país (A, en la Ecuación 3.2.4 de la sección “Tierras forestales”).

Ejemplo 1: En el año de inventario se han cultivado 90.000 hectáreas de cultivos leñosos perennes en un entorno húmedo tropical, y se han eliminado 10.000 ha. La superficie de tierra agrícola leñosa perenne inmadura acumula carbono a una tasa de aproximadamente 2,6 toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹. La superficie recolectada pierde todo el carbono de las reservas de biomasa en el año de absorción. La pérdida de reservas de carbono por defecto para una tierra agrícola leñosa perenne húmeda tropical se cifra en 21 toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹. Utilizando la Ecuación 3.2.2, la cantidad acumulada estimada asciende a 234.000 toneladas de C anuales, perdiéndose 210.000 toneladas de C. La variación neta del carbono almacenado en el entorno húmedo tropical asciende a 24.000 toneladas de C año⁻¹.

Nivel 2: En el Nivel 2 puede utilizarse uno de dos planteamientos alternativos. En principio, cualquiera de ellos debería arrojar la misma respuesta.

Con estos planteamientos se logran los siguientes resultados:

- Extender el Nivel 1 haciendo coincidir más estimaciones de superficie desglosadas (por ejemplo, por tipos de cultivo leñoso perenne específicos y por regiones climáticas detalladas) con al menos algunos datos de acumulación de carbono y de recolección específicos del país y aplicables a la misma escala. Los países deberían dar prioridad al desarrollo de parámetros específicos del país prestando atención a los cultivos leñosos perennes más comunes o a los sistemas con niveles relativamente altos de biomasa boscosa perenne por unidad de tierra (es decir, con reservas de carbono cuantiosas). En la Sección 3.3.1.1.2 se ofrecen orientaciones para el desarrollo de parámetros específicos del país.
- Estimar las reservas de carbono totales en cultivos leñosos perennes a intervalos de tiempo regulares (con arreglo a la Ecuación 3.2.3 de la sección Tierras forestales).

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 son o bien metodologías del Nivel 2 muy desglosadas, parametrizadas con valores específicos del país respecto de las reservas de carbono y de la variación del carbono almacenado, o bien métodos específicos del país consistentes, por ejemplo, en utilizar modelos o mediciones repetidas de reservas como las obtenidas mediante inventarios detallados de bosques (véase la Sección 3.2.1.1.1). Podrían utilizarse, por ejemplo, modelos de crecimiento claramente validados y específicos de una especie, junto con información detallada sobre las prácticas de recolección y poda, para estimar las tasas de crecimiento anuales, de la misma manera que en la Ecuación 3.2.2. Para ello sería necesaria información sobre las superficies de cultivo de biomasa boscosa por especies y edades, así como sobre el clima, el suelo y otras condiciones que limiten el crecimiento en zonas específicas. Alternativamente, para estimar la variación de las reservas del mismo modo que en la Ecuación 3.2.3 podrían utilizarse estimaciones de reservas mediante muestreos periódicos (y modelos asociados) similares a los utilizados para los inventarios detallados de bosques.

3.3.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

En esta metodología, los factores de emisión/absorción consisten en la acumulación de biomasa (C) y las tasas de pérdida (P). En el Cuadro 3.3.2 se ofrecen valores por defecto de C y P para cuatro regiones climáticas generales, en base a una revisión publicada de investigaciones sobre las reservas de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). Los datos adicionales del Cuadro 3.3.2 resaltan los supuestos implícitos de los datos por defecto (por ejemplo, el tiempo para la recolección/madurez) y ponen de manifiesto la manera en que se obtuvieron los valores por defecto. La tasa de crecimiento anual por defecto (C) se ha obtenido dividiendo las

reservas de biomasa en la madurez por el tiempo transcurrido desde el establecimiento del cultivo hasta la recolección/madurez. La tasa de pérdida anual por defecto es igual a las reservas de biomasa en la recolección, que se supondrá completamente eliminada en el año de absorción. Para un país dado, estos valores por defecto son muy inciertos, ya que representan sistemas de cultivo genéricos de biomasa boscosa perenne para regiones climáticas generales. Los cultivos leñosos varían mucho en cuanto a sus usos y tasas de crecimiento y de recolección, y en cuanto al grado de asociación con otros cultivos no boscosos, con lo que la aplicación de factores por defecto simples proporcionará únicamente una aproximación grosera de las variaciones del carbono.

Cuando se utilice el Nivel 2, las reservas de biomasa, los ciclos de recolección y las tasas de acumulación de carbono pueden ser estimados por expertos nacionales basándose en resultados específicos de investigaciones por países o por regiones en sistemas de cultivos leñosos perennes. Los cultivos leñosos varían ampliamente, desde especies recolectadas anualmente y utilizadas para estiércol verde y leña hasta cultivos leñosos potencialmente longevos, como los huertos frutales. Al obtener las estimaciones de las tasas de acumulación de biomasa, es importante tener presente que el incremento neto de las reservas de biomasa se producirá principalmente durante los primeros años después del establecimiento inicial o del rebrote de los cultivos leñosos. Aunque algunos cultivos hortícolas longevos podrían no estar sometidos a un ciclo de absorción y replantación, las pérdidas por poda y sustitución de árboles compensarán probablemente en gran medida los brotes nuevos, de modo que en los cultivos maduros el aumento neto de las reservas de biomasa será aproximadamente 0. Así, a nivel nacional, el aumento neto de las reservas de carbono en la biomasa se produciría principalmente en las zonas de cultivo leñoso que aumentan más que las tierras destinadas a otros usos cuyas reservas de carbono son menores, o allí donde la proporción de tierras que experimentan absorciones es inferior al promedio determinado por la frecuencia normal de recolección (p. ej., si las tierras contienen predominantemente cultivos leñosos jóvenes y recién establecidos). Inversamente, se producirán pérdidas netas de biomasa a nivel nacional cuando los cultivos leñosos sean sustituidos por otros sistemas de cultivo anual, o cuando aumente la frecuencia de recolección de los cultivos leñosos.

Para mejorar las estimaciones de la acumulación de carbono en la biomasa de cultivos leñosos perennes, los países podrán realizar investigaciones *in situ* para medir la variación de las reservas de carbono o las tasas de acumulación. Los estudios de investigación deberían estar basados en principios científicos sólidos y atenerse a unos planteamientos generales determinados por estudios similares (Dixon *et al.*, 1993; Schroeder, 1994; Schroth *et al.*, 2002; y Masera *et al.*, 2003). Los resultados obtenidos de tales investigaciones se comparan con las estimaciones de las tasas de acumulación de carbono procedentes de otras fuentes, para verificar que se encuentran en los intervalos de valores documentados. Las tasas de acumulación de carbono notificadas podrán modificarse si se dispone de datos adicionales y de la opinión de expertos, siempre y cuando en el informe del inventario se incluya una explicación clara y se documente la decisión.

3.3.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

En esta sección, los datos de actividad hacen referencia a las estimaciones de superficies de tierra (S_C , S_T) con madera en pie y de tierras recolectadas en cultivos leñosos perennes. El Capítulo 2 aporta orientaciones generales sobre las metodologías para obtener y clasificar las superficies en función de los usos de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente, los países necesitan obtener estimaciones de superficie para las tierras agrícolas leñosas perenne, suficientemente desglosadas para que se correspondan con los factores de emisión disponibles y otros parámetros.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan estudios de campo anuales o periódicos, además de los procedimientos expuestos en el Capítulo 2, para estimar la superficie anual media de cultivos leñosos perennes establecidos y la superficie anual media de cultivos leñosos perennes recolectados o eliminados. Las estimaciones de superficie se subdividen en regiones climáticas generales, por concordancia con los valores por defecto de C y P. Para los cálculos del Nivel 1 podrán utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC* y otras fuentes, a fin de estimar el área de tierra que contiene cultivos leñosos perennes.

Nivel 2: Para aplicar el método del Nivel 2 se utilizan estudios de campo anuales o periódicos más detallados, a fin de estimar las superficies de tierra con diferentes clases de cultivos de biomasa boscosa perenne. Las superficies se clasifican después en las categorías correspondientes, de modo que todas las combinaciones importantes de tipos de cultivo leñoso perenne y regiones climáticas estén representadas y que se disponga de estimaciones de superficie para cada una de ellas. Estas estimaciones de superficie deberán coincidir con los valores de acumulación y pérdida de carbono específicos del país que hayan sido obtenidos para el método de Nivel 2. Si se dispusiera sólo de parte de los datos de mayor resolución específicos del país, se sugiere a los países que extrapolen a la totalidad de cultivos leñosos perennes, basándose en supuestos sólidos derivados de los conocimientos más fiables de que se disponga.

Nivel 3: En el Nivel 3 son necesarios datos de actividad de alta resolución desglosados a escalas que van del nivel subnacional hasta el de retícula fina. Al igual que en el Nivel 2, el área de tierra se clasifica en tipos específicos de cultivos leñosos perennes por categorías de clima y de suelo y otras variables regionales potencialmente importantes (p. ej., las pautas regionales de las prácticas de gestión). De ser posible, se utilizarán

estimaciones de superficie espacialmente explícitas para facilitar una cobertura completa de las tierras agrícolas leñosas perenne y para asegurarse de que no se sobreestiman ni se subestiman las superficies. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas pueden vincularse a las tasas de acumulación y absorción de carbono de interés local, y a los impactos de la reconstitución de reservas y de la gestión, mejorando con ello la exactitud de las estimaciones.

3.3.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Se ofrecen a continuación orientaciones sobre las metodologías de evaluación de la incertidumbre asociadas a cada uno de los métodos de los distintos niveles descritos en la Sección 3.3.1.1.1.

Nivel 1: Cuando se utiliza un método del Nivel 1, algunas fuentes de incertidumbre se derivan del grado de exactitud de las estimaciones de superficie de tierra y de las tasas de acumulación y pérdida de carbono por defecto. Para obtener los datos por defecto indicados en la Sección 3.3.1.1.2 se ha utilizado una recopilación de investigaciones publicadas sobre las reservas de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). Aunque se han obtenido valores por defecto de numerosos estudios, los intervalos de incertidumbre asociados a ellos no se han incluido en esta publicación. Por consiguiente, se ha asignado un nivel de incertidumbre por defecto de $\pm 75\%$ del valor del parámetro, basándose en dictámenes de expertos. Esta información puede utilizarse con cierto grado de incertidumbre en las estimaciones de superficie del Capítulo 2, para evaluar la incertidumbre en la estimación de las emisiones y absorciones de carbono en la biomasa de las tierras agrícolas mediante la metodología del Nivel 1 para los análisis de incertidumbre del Capítulo 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

Nivel 2: El método del Nivel 2 reducirá la incertidumbre total, ya que las tasas definidas por el país deberían proporcionar unas estimaciones más exactas de la acumulación y pérdida de carbono para los sistemas de cultivo y regiones climáticas comprendidos en el territorio nacional. Es una *buena práctica* calcular las estimaciones de error (es decir, la desviación estándar, el error típico o las escalas de error) respecto de las tasas de acumulación de carbono definidas por el país, y utilizar esas variables para evaluar la incertidumbre básica. Es una *buena práctica* que los países evalúen las escalas de error de los coeficientes específicos del país y los comparen con los de los coeficientes de acumulación de carbono por defecto. Si las tasas definidas por el país conllevan unas escalas de error iguales o mayores que los coeficientes por defecto, sería una práctica adecuada utilizar una metodología del Nivel 1 y refinar ulteriormente las tasas definidas por el país mediante un mayor número de mediciones *in situ*.

Las metodologías del Nivel 2 pueden utilizar también datos de actividad de resolución más fina, por ejemplo en forma de estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de cultivo específicos dentro del territorio nacional. Los datos de resolución más fina reducirán los niveles de incertidumbre cuando vayan asociados a los factores de acumulación de carbono definidos para esas bases de datos de tierras de escala más fina (p. ej., cuando una superficie de plantaciones de café es multiplicada por un coeficiente de plantación de café, y no por un valor por defecto genérico para la agrosilvicultura).

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 proporcionarán un nivel de certidumbre más alto que las de los Niveles 1 y 2. Es una *buena práctica* calcular la desviación estándar, el error típico o las escalas de error correspondientes a todas las tasas de crecimiento y pérdida de biomasa definidas por el país. Es también una *buena práctica* evaluar el error de medición en las estimaciones de superficie para cada categoría de bases de tierras. Los países deberían considerar la posibilidad de desarrollar funciones de densidad de probabilidad para los parámetros de los modelos, a fin de utilizarlas en simulaciones de Monte Carlo.

3.3.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LOS SUELOS

3.3.1.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Las *Directrices del IPCC* contienen métodos para estimar las emisiones y la absorción de CO₂ por los suelos debido al uso y a la gestión de las tierras (Sección 5.3), aplicables a todos los usos de la tierra, incluidos los de cultivo. La metodología toma como referencia la variación de las reservas de carbono orgánico (emisiones o absorciones de CO₂) en suelos minerales, las emisiones de CO₂ en suelos orgánicos (es decir, turberas), y las emisiones de CO₂ procedentes del encalado de suelos agrícolas.

En las *Directrices del IPCC*, las reservas de carbono se miden hasta una profundidad por defecto de 30 cm, y no incluyen el C de los residuos superficiales (es decir, de la materia orgánica muerta) ni las variaciones del carbono inorgánico (es decir, de los minerales carbonatados). En la mayoría de suelos de cultivo, no hay residuos superficiales (como consecuencia de la incorporación debida a la labranza), o bien representan una cantidad secundaria. En niveles superiores pueden utilizarse otros valores de profundidad, aunque en todos los casos la profundidad deberá utilizarse de manera coherente a lo largo del tiempo.

Se expone a continuación la Ecuación resumida 3.3.2 para estimar la variación de las reservas de carbono orgánico del suelo:

ECUACIÓN 3.3.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Suelos}} = \Delta C_{TATA_{Minerales}} - \Delta C_{TATA_{Orgánicos}} - \Delta C_{TATA_{Cal}}$$

Donde:

$\Delta C_{TATA_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TATA_{Orgánicos}}$ = emisiones de carbono anuales de suelos orgánicos cultivados (estimadas en forma de flujo neto anual), en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TATA_{Cal}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

En los métodos de los Niveles 1 y 2 debería suponerse que las variaciones del carbono en materia orgánica muerta y del carbono inorgánico son nulas. Si se incluye la materia orgánica muerta en una metodología del Nivel 3, las mediciones deberían estar basadas en las cantidades más pequeñas presentes durante un ciclo anual para no incluir residuos frescos posteriores a la recolección que representen un depósito de materia orgánica transitorio. La elección del nivel más adecuado dependerá de: 1) el tipo y grado de detalle de los datos de actividad con respecto a la gestión agrícola y a los cambios de gestión a lo largo del tiempo, 2) la disponibilidad de información adecuada para estimar las reservas básicas de C, la variación de las reservas y los factores de emisión, 3) la disponibilidad de sistemas de inventario nacionales especializados, diseñados para los suelos.

Todos los países deberían procurar mejorar los métodos de inventario y de notificación escogiendo el nivel más alto posible en función de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen un método del Nivel 2 ó 3 si las emisiones y absorciones de carbono en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas es una categoría esencial y si la subcategoría de materia orgánica en el suelo se considera significativa con arreglo a los principios expuestos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 para ayudar a escoger un método.

3.3.1.2.1.1 Elección del método

El método utilizado para estimar la variación del carbono almacenado en suelos minerales es distinto del utilizado para los suelos orgánicos. Es posible también que los países utilicen niveles diferentes para preparar estimaciones de los distintos componentes de esta subcategoría, con arreglo a los recursos disponibles. Así, los suelos minerales, los suelos orgánicos y las emisiones procedentes del encalado se examinarán por separado más adelante.

Suelos minerales

Para los suelos minerales, el método de estimación está basado en la variación de las reservas de C en el suelo a lo largo de un período finito posterior a los cambios de gestión que repercuten en el C del suelo, como se indica en la Ecuación 3.3.3. Las reservas anteriores de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) y las reservas de C en el suelo en el año de inventario (COS_0) con respecto a la superficie inventariada de un sistema de tierras agrícolas se estima a partir de las reservas de carbono de referencia (Cuadro 3.3.3) y de los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.3.4), aplicados en los momentos respectivos. En el caso que nos ocupa, un sistema de tierras agrícolas denota una combinación específica de clima, suelo y gestión. Las tasas anuales de emisión (fuentes) o de absorción (sumideros) se calculan multiplicando la diferencia de reservas (a lo largo del tiempo) por el período de inventario. El período por defecto es 20 años.

ECUACIÓN 3.3.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES PARA UN SOLO SISTEMA DE TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Minerales}} = [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S] / T$$

$$COS = COS_{REF} \bullet F_{UT} \bullet F_{RG} \bullet F_E$$

Donde:

$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año⁻¹

COS_0 = variación de carbono orgánico del suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha⁻¹

$COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico del suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha⁻¹

T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de cada parcela, en ha

COS_{REF} = valor de referencia de las reservas de carbono, en toneladas de C ha⁻¹; véase el Cuadro 3.3.3

F_{UT} = factor de variación de las reservas para un uso de la tierra o para un cambio de uso de la tierra, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

F_{RG} = factor de variación de las reservas para un régimen de gestión, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

F_E = factor de variación de las reservas para una entrada de materia orgánica, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

Los tipos de uso de la tierra y factores de gestión indicados están definidos en líneas generales, y abarcan: 1) un factor de uso de la tierra (F_{UT}) que refleja la variación de las reservas de C asociada a un tipo de uso de la tierra; 2) un factor de gestión (F_{RG}) que, para una tierra agrícola permanente, representa tipos diferentes de labranza, y 3) un factor de entrada (F_E) que representa diferentes niveles de aporte de C en el suelo. En tierras agrícolas, F_{UT} describe las reservas básicas de C para suelos cultivados por largos períodos, arrozales, y tierras agrícolas en barbecho, con respecto a las reservas de C en suelos nativos (sin cultivar). Si la superficie está clasificada para otro uso (por ejemplo, tierras forestales, tierras de pastoreo) al comienzo del período de inventario, se seguirán las orientaciones de la Sección 3.3.2, Tierras convertidas en tierras agrícolas.

Los cálculos para determinar COS_0 y $COS_{(0-T)}$ y la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha se realizan mediante las siguientes etapas:

Etapas 1: Seleccionar el valor de las reservas de carbono de referencia (COS_{REF}), basándose en el tipo de clima y de suelo, para cada área de tierra que se inventaríe.

Etapas 2: Seleccionar el tipo de uso de la tierra agrícola (cultivo de larga duración, arrozales, barbecho) existente al comienzo del período de inventario (por ejemplo, hace 20 años), junto con los niveles de labranza (F_{RG}) y de entrada de C (F_E). Estos factores, multiplicados por el valor de referencia de las reservas de C en el suelo, proporcionan la estimación de las reservas "iniciales" de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) para el período de inventario.

Etapas 3: Calcular el valor de COS_0 repitiendo la etapa 2 y utilizando el mismo valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), pero con unos factores de uso de la tierra, de labranza y de entrada que representen las condiciones existentes en el año de inventario (actual).

Etapas 4: Calcular el promedio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para la superficie durante el período de inventario ($\Delta C_{TATA_{Minerales}}$)

Ejemplo: Para un suelo de tipo mollisol en un clima húmedo templado de región cálida, COS_{REF} tiene un valor de 88 toneladas de $C\ ha^{-1}$. En una área de tierra sometida a cultivo anual durante largos períodos, previamente gestionada mediante labranza intensiva y un bajo nivel de entrada de C , las reservas de carbono al comienzo del período de inventario se calculan como $(COS_{REF} \bullet F_{UT} \bullet F_{RG} \bullet F_E) = 88\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 0,71 \bullet 1 \bullet 0,91 = 56,9\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}$. En las condiciones de gestión actuales, consistentes en un cultivo anual sin labranza y con un nivel medio de entrada de C , el cálculo de las reservas de carbono arroja un valor de $88\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 0,71 \bullet 1,16 \bullet 1 = 72,5\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}$. Así, la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario arroja un valor de $(72,5\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} - 56,9\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1})/20\ años = 0,78\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$.

CUADRO 3.3.3						
VALOR DE REFERENCIA POR DEFECTO (CON VEGETACIÓN NATIVA) DE LAS RESERVAS DE C ORGÁNICO EN EL SUELO (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm)						
Región	Suelos AAA ¹	Suelos ABA ²	Suelos arenosos ³	Suelos espódicos ⁴	Suelos volcánicos ⁵	Suelos de humedal ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20 [#]	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70 [#]	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130 [#]	

Nota: Los datos han sido obtenidos de las bases de datos de suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux *et al.* (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar como porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", dado que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

indica que no se disponía de datos y que se han conservado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*.

¹ Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcillas silicatadas 2:1 (en la clasificación de la Base Mundial de Referencia para los Recursos Edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).

² Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación BMR se incluyen los acrisoles, lixisoles, nitisoles, ferralsoles, durisoles; en la clasificación USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).

³ Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla en base a análisis de textura tipificados; en la clasificación BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).

⁴ Suelos fuertemente podzolizados (en la clasificación BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación USDA, los espodosoles).

⁵ Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).

⁶ Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

CUADRO 3.3.4
FACTORES RELATIVOS DE VARIACIÓN DE RESERVAS (F_{UT} , F_{RG} Y F_E) (MÁS DE 20 AÑOS) PARA DIFERENTES ACTIVIDADES DE GESTIÓN EN TIERRAS AGRÍCOLAS [VÉASE LA SECCIÓN 3.3.7 EN LO REFERENTE A LOS MÉTODOS Y FUENTES DE DATOS UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE FACTORES]

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen de temperatura	Valor por defecto IPCC 96	Régimen de humedad ¹	Valor por defecto revisado de la OBP	Error ^{2,3}	Descripción
Uso de la tierra (F_{UT})	Cultivo de larga duración	Templado	0,7, 0,6 ⁴	Seco	0,82	± 10%	Representa una superficie que ha sido gestionada continuamente durante más de 20 años, con cultivos predominantemente anuales. Los factores de aporte y de labranza se aplican también a la estimación de las variaciones de las reservas de carbono. El factor de uso de la tierra se ha estimado tomando como referencia los niveles de aporte de carbono en labranza completa y nominales ("medios").
				Muy húmedo	0,71	± 12%	
		Tropical	0,6, 0,5	Seco	0,69	± 38%	
				Muy húmedo	0,58	± 42%	
Uso de la tierra (F_{UT})	Arrozal	Templado y tropical	1,1	Seco y muy húmedo	1,1	± 90%	Cultivo anual de larga duración (> 20 años) en humedales (arroz con cáscara). Puede incluir un doble uso con cultivos no inundables. Para los arrozales no se utilizan los factores de labranza completa ni de aporte.
Uso de la tierra (F_{UT})	Barbecho (< 20 años)	Templado y tropical	0,8	Seco	0,93	± 10%	Representa tierras agrícolas anuales temporalmente no utilizadas (es decir, reservas de conservación) u otras tierras agrícolas no utilizadas y repobladas con hierba perenne.
				Muy húmedo	0,82	± 18%	
Labranza (F_{RG})	Completo	Templado	1,0	Seco y muy húmedo	1,0	NA	Alteración apreciable del suelo con operaciones de labranza de inversión total y/o frecuentes (a lo largo de un año). En el momento de la plantación, la superficie cubierta de residuos es muy escasa (p. ej., menor de 30%).
		Tropical	0,9, 0,8	Seco y muy húmedo	1,0	NA	
Labranza (F_{RG})	Reducido	Templado	1,05	Seco	1,03	± 6%	Labranza primaria y/o secundaria, pero con alteración reducida del suelo (por lo general, poco profunda y sin inversión completa del suelo). Normalmente, deja más de un 30% de la superficie cubierta de residuos en el momento de la plantación.
				Muy húmedo	1,09	± 6%	
		Tropical	1,0	Seco	1,10	± 10%	
				Muy húmedo	1,16	± 8%	
Labranza (F_{RG})	Sin labranza	Templado	1,1	Seco	1,10	± 6%	Siembra directa sin labranza primaria, con tan sólo una alteración mínima del suelo en la zona de siembra. Normalmente se usan herbicidas para las malas hierbas.
				Muy húmedo	1,16	± 4%	
		Tropical	1,1	Seco	1,17	± 8%	
				Muy húmedo	1,23	± 8%	
Entrada (F_E)	Bajo	Templado	0,9	Seco	0,92	± 4%	Baja producción de residuos debido a su absorción (al ser recogidos o quemados), frecuente puesta en barbecho o producción de cultivos que dejan pocos residuos (p. ej., legumbres y hortalizas, tabaco, algodón).
				Muy húmedo	0,91	± 8%	
		Tropical	0,8	Seco	0,92	± 4%	
				Muy húmedo	0,91	± 4%	
Entrada (F_E)	Medio	Templado	1,0	Seco y muy húmedo	1,0	NA	Representativo de un cultivo anual con cereales, en que todos los residuos del cultivo son retornados a la tierra. Si se eliminan residuos, se agrega materia orgánica suplementaria (p. ej., estiércol).
		Tropical	0,9	Seco y muy húmedo	1,0	NA	
Entrada (F_E)	Alto – sin estiércol	Templado y tropical	1,1	Seco	1,07	± 10%	Representa unos aportes de residuos bastante mayores debido a la producción de cultivos que generan muchos residuos, a la utilización de estiércol de origen vegetal, a los cultivos de cobertura, a los barbechos con vegetación mejorados, a la utilización frecuente de hierbas perennes en rotaciones de cultivo anuales, pero sin aplicar estiércol (véase la descripción siguiente).
				Muy húmedo	1,11	± 10%	
Entrada (F_E)	Alto – con estiércol	Templado y tropical	1,2	Seco	1,34	± 12%	Representa una elevada entrada de residuos de cultivo con adición periódica de estiércol de origen animal (véase la descripción anterior).
				Muy húmedo	1,38	± 8%	

¹ Cuando los datos han sido suficientes, se han determinado valores por separado de los regímenes de temperatura templados y tropicales y en regímenes de humedad secos y muy húmedos. Las zonas templadas y tropicales corresponden a las definidas en la introducción del Capítulo 3 (3.1); el régimen de humedad muy húmedo corresponde a una combinación de zonas húmedas y muy húmedas en el trópico y a una región templada muy húmeda (véase la Figura 3.1.3); la zona seca es la misma que la definida en la Figura 3.1.3.

² ± Dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje del valor medio; cuando no se dispuso de estudios suficientes para realizar un análisis estadístico se utilizaron valores por defecto, basados en el dictamen de expertos, de ±50%. NA significa "no aplicable", y los factores constituyen valores de referencia definidos.

³ Esta escala de error no incluye errores sistemáticos potenciales, debido al pequeño tamaño de la muestra, que no es representativo del verdadero impacto en todas las regiones del mundo.

⁴ El segundo valor es aplicable a la clase de suelos ácuicos, tal como se define en las *Directrices del IPCC*. No se apreciaron diferencias significativas para diferentes tipos de suelos en las estimaciones actualizadas producidas aquí para la *Orientación sobre las buenas prácticas*.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan valores de referencia por defecto de los factores de reservas de carbono y de variación de las reservas de carbono (como se indica en la Ecuación 3.3.3) para las principales tierras agrícolas de un país, estratificados por tipos de clima y de suelo por defecto (Ecuación 3.3.4). Para la superficie total de tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, la variación de las reservas puede calcularse vigilando los cambios de gestión y calculando la variación de las reservas en parcelas de tierra individuales (Ecuación 3.3.B), o calculando las reservas de carbono en el suelo totales al comienzo y al final del período de inventario a partir de otros datos más generales sobre la distribución superficial de los sistemas de tierra agrícola (Ecuación 3.3.4A). Los resultados globales serán los mismos en cualquiera de las dos metodologías, aunque la diferencia principal estriba en que para atribuir los efectos de determinados cambios de gestión serán necesarios datos de actividad que consideren los cambios de gestión en determinadas superficies de tierra. Los valores por defecto para este cálculo se describen en la Sección 3.3.1.2.1.2.

ECUACIÓN 3.3.4	
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS	
$\Delta C_{TATA_{Minerales}} = \sum_c \sum_s \sum_i [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S]_{c,s,i} / T$	A)
$\Delta C_{TATA_{Minerales}} = [\sum_c \sum_s \sum_i (COS_0 \bullet S)_{c,s,i} - \sum_c \sum_s \sum_i (COS_{(0-T)} \bullet S)_{c,s,i}] / T$	B)

Donde:

$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año⁻¹

COS_0 = reservas de carbono orgánico del suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha⁻¹

$COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico del suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha⁻¹

T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de cada parcela de tierra, en ha

c representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de los principales sistemas de tierra agrícola presentes en un país.

Ejemplo: En este ejemplo se calcula la variación total del carbono almacenado en el suelo en tierras agrícolas, mediante la Ecuación 3.3.4B. En un clima húmedo y templado cálido, en suelos de tipo mollisol, hay 1 Mha de tierras agrícolas anuales permanentemente. El valor de referencia nativo de las reservas de carbono (COS_{REF}) para esa región es de 88 toneladas de C ha⁻¹. Al comienzo del período de cálculo del inventario (es decir, 20 años antes), la distribución de los sistemas de tierra agrícola consistía en 400.000 ha de tierras agrícolas anuales con niveles de aporte de carbono bajos y labranza completa, y 600.000 ha de tierras agrícolas anuales con niveles de aporte medios y labranza completa. Así, los valores iniciales de las reservas de carbono en el suelo para esa superficie fueron: 400.000 ha • (88 toneladas de C ha⁻¹ • 0,71 • 1 • 0,91) + 600.000 ha • (88 toneladas de C ha⁻¹ • 0,71 • 1 • 1) = 60.231 millones de toneladas de C. En el año de inventario (actual), hay: 200.000 ha de cultivos anuales con labranza completa y poco aporte de C, 700.000 ha de cultivo anual con labranza reducida y aporte de C medio, y 100.000 ha de cultivo anual sin labranza y con un aporte medio de C. Así, las reservas totales de carbono en el suelo en el año de inventario son: 200.000 ha • (88 toneladas de C ha⁻¹ • 0,71 • 1 • 0,91) + 700.000 ha • (88 toneladas de C ha⁻¹ • 0,71 • 1,09 • 1) + 100.000 ha • (88 toneladas de C ha⁻¹ • 0,71 • 1,16 • 1) = 66.291 millones de toneladas de C. Por tanto, el promedio de la variación anual de las reservas a lo largo de ese período para toda la superficie es: (66.291 - 60.231) millones de toneladas de C / 20 años = 6.060 millones de toneladas / 20 años = 303.028 toneladas anuales de aumento de las reservas de carbono en el suelo.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan las mismas ecuaciones básicas que en el Nivel 1, aunque con valores específicos del país para las reservas de carbono de referencia y/o los factores de variación de las reservas. Además, las metodologías del Nivel 2 implicarán probablemente una estratificación más detallada de los sistemas de gestión si se dispone de datos suficientes.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3, basadas en una combinación de modelos dinámicos con mediciones detalladas del inventario de emisiones/variación de las reservas de C en el suelo, no utilizarán probablemente factores simples de variación de las reservas o de emisión *per se*. Las estimaciones de las emisiones utilizando planteamientos basados en modelos se obtienen de la interacción de ecuaciones múltiples que permiten estimar mediante los modelos la variación neta de las reservas de C en el suelo. Hay una gran diversidad de modelos diseñados para simular la dinámica del carbono en los suelos (véanse, por ejemplo, los trabajos de McGill *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1997).

Un criterio clave para seleccionar el modelo apropiado consiste en que el modelo pueda representar todas las prácticas de gestión representadas, y que las entradas de los modelos (es decir, las variables determinantes) sean compatibles con la disponibilidad de datos de entrada en todo el país. Es esencial validar el modelo mediante observaciones independientes en lugares específicos del país o de la región que sean representativos de la variabilidad del clima, del suelo y de los sistemas de gestión del país. Algunos ejemplos de conjuntos de datos de validación apropiados son los experimentos *in situ* replicados durante períodos largos (por ejemplo, SOMNET, 1996; Paul *et al.*, 1997) o las mediciones durante largos períodos del flujo de carbono en ecosistemas de sistemas agrícolas, utilizando técnicas tales como la covarianza de turbulencia (Balocchi *et al.*, 2001). Lo ideal sería establecer un sistema de inventario con parcelas permanentes de las propias explotaciones agrarias, estadísticamente representativas, que abarque las principales regiones climáticas, tipos de suelos, sistemas de gestión y cambios de sistema, cuando no sea posible efectuar mediciones repetidas de las reservas de carbono en el suelo a lo largo del tiempo. Las frecuencias de remuestreo recomendadas en la mayoría de los casos no deberían ser menores de 3 a 5 años (IPCC, 2000b). Cuando sea posible, la medición de las reservas de carbono en el suelo debería efectuarse sobre la base de una masa equivalente (p. ej., Ellert *et al.*, 2001). Deberían aplicarse procedimientos para reducir al mínimo la influencia de la variabilidad espacial cuando se efectúan muestreos repetidos a lo largo del tiempo (p. ej., Conant y Paustian 2002). Tales mediciones de inventario deberían integrarse en una metodología basada en modelos.

Suelos orgánicos

La metodología básica para estimar la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos (por ejemplo, derivados de turberas) consiste en asignar una tasa de pérdida anual de C por efecto del drenaje y de otras alteraciones como la labranza de la tierra para la producción agrícola. El drenaje y la labranza estimulan la oxidación de la materia orgánica previamente constituida en un entorno muy anóxico. La superficie de suelo orgánico de las tierras agrícolas para cada tipo de clima se multiplicará por el factor de emisión para obtener una estimación de las emisiones anuales de C, como se indica en la Ecuación 3.3.5:

ECUACIÓN 3.3.5
EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS CULTIVADOS EN TIERRAS AGRÍCOLAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TATA_{Orgánicos}} = \sum_c (S \bullet FE)_c$$

Donde:

$\Delta C_{TATA_{Orgánicos}}$ = emisiones de CO₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

S = superficie de suelos orgánicos para el tipo de clima *c*, en ha

FE = factor de emisión para el tipo de clima *c* (véase el Cuadro 3.3.5), en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

Nivel 1: En el Nivel 1, los factores de emisión por defecto (Cuadro 3.3.5) se utilizarán junto con las estimaciones de superficie para suelos orgánicos cultivados en cada región climática existente en el país (Ecuación 3.3.5). Las estimaciones de superficie pueden desarrollarse con arreglo a las orientaciones del Capítulo 2.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utiliza la Ecuación 3.3.5, en la cual los factores de emisión se estiman a partir de datos específicos del país estratificados por regiones climáticas, como se indica en la Sección 3.3.2.1.3. Las estimaciones de superficie deberían desarrollarse con arreglo a las orientaciones del Capítulo 2.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 para los suelos orgánicos abarcarán sistemas más detallados que integren modelos dinámicos y redes de medición, conforme se ha descrito para los suelos minerales.

CUADRO 3.3.5 FACTORES DE EMISIÓN (FE) ANUALES PARA SUELOS ORGÁNICOS CULTIVADOS		
Régimen de temperatura climático	Valor por defecto de las Directrices del IPCC (toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹)	Error [#]
Templado frío	1,0	± 90%
Templado cálido	10,0	± 90%
Tropical/subtropical	20,0	± 90%
[#] Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje del valor medio.		

Encalado

En las *Directrices del IPCC* se examina la aplicación de carbonatos que contienen cal (p. ej., caliza (CaCO_3), o dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) a los suelos agrícolas como fuente de emisiones de CO_2 . Sencillamente, el proceso consiste en que, cuando se disuelve la cal carbonatosa en el suelo, los cationes básicos (Ca^{++} , Mg^{++}) se intercambian con iones de hidrógeno (H^+) en coloides del suelo (reduciendo de ese modo la acidez del suelo), y el bicarbonato que se forma ($2\text{CO}_3\text{H}$) puede reaccionar ulteriormente para producir CO_2 y agua (H_2O). Aunque el efecto de la aplicación de cal suele durar varios años (después de lo cual se añade cal de nuevo) en función del clima, del suelo y de las prácticas de cultivo, las *Directrices del IPCC* abarcan las emisiones en forma de CO_2 de todo el carbono contenido en los carbonatos añadidos durante el año de la aplicación. Así, la metodología básica se basa simplemente en la cantidad de cal agrícola aplicada, multiplicada por un factor de emisión que varía ligeramente según la composición del material que se añade.

ECUACIÓN 3.3.6

EMISIONES DE CARBONO ANUALES PROCEDENTES DE LA APLICACIÓN DE CAL CON FINES AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{\text{TATA}_{\text{Cal}}} = M_{\text{Caliza}} \bullet FE_{\text{Caliza}} + M_{\text{Dolomita}} \bullet FE_{\text{Dolomita}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TATA}_{\text{Cal}}}$ = emisiones de C anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

M = cantidad anual de caliza (CaCO_3) o de dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), en toneladas año⁻¹

FE = factor de emisión, en toneladas de C (toneladas de cal o de dolomita)⁻¹ (equivalente al contenido en carbono de los carbonatos del material (12% para el CaCO_3 , 12,2% para el $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)).

Nivel 1: En el Nivel 1 es posible utilizar la cantidad total de carbonatos que contienen cal aplicada anualmente al suelo en tierras agrícolas, además de un factor de emisión general de 0,12 para estimar las emisiones de CO_2 , sin diferenciar entre composiciones variables del material de encalado. Obsérvese que, aunque la cal carbonatada es el material más utilizado, se utilizan también en menor medida óxidos e hidróxidos de cal, que no contienen carbono inorgánico, para el encalado con fines agrícolas, que no deberían incluirse aquí (en su fabricación se produce CO_2 , pero no después del encalado).

Nivel 2: Una metodología del Nivel 2 podría implicar la diferenciación entre distintas formas de cal y determinados factores de emisión cuando se dispone de datos, ya que diferentes materiales de cal carbonatada (caliza y otras fuentes tales como la marga o los depósitos de caparzones) pueden variar algo en cuanto a su contenido de carbono y pureza general.

Nivel 3: Una metodología del Nivel 3 podría implicar una contabilidad de las emisiones procedentes de encalados más detallada de lo que se supone en los Niveles 1 y 2. Según las condiciones climáticas y del suelo, no todo el carbonato biológico obtenido del encalado podría ser liberado en forma de CO_2 en el suelo o en el agua de drenaje, sino que una parte podría lixiviarse y precipitarse a mayor profundidad del suelo o ser transportada a aguas subterráneas profundas, lagos y océanos, y allí secuestrarse. Si se dispone de datos y de conocimientos suficientes sobre la transformación del carbono inorgánico en determinadas condiciones clima-suelo, podrían obtenerse factores de emisión específicos. Sin embargo, para un análisis así sería necesario incluir los flujos de carbono asociados a los minerales carbonatados primarios y secundarios del suelo, así como su respuesta a las prácticas de gestión agrícola.

3.3.1.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Cuando se utilice un método del Nivel 1 o del Nivel 2, se necesitarán los siguientes factores de emisión/absorción para los suelos minerales: el valor de referencia del carbono almacenado (COS_{REF}); el factor de variación de las reservas cuando cambia el uso de la tierra (F_{UT}); el factor de variación de las reservas para un régimen de gestión (F_{RG}); el factor de variación de las reservas en caso de entrada de materia orgánica (F_{E}).

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Los suelos con vegetación nativa que no han resultado muy afectados por el uso o la gestión de la tierra se utilizan como valor de referencia de la variación del carbono del suelo por efecto de la gestión.

Nivel 1: En el Nivel 1 es una *buen práctica* utilizar los valores de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicados en el Cuadro 3.3.3. Esos valores están actualizados con respecto a los indicados en las *Directrices del IPCC*, con las mejoras siguientes: i) las estimaciones se obtienen estadísticamente de compilaciones recientes de perfiles de suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de zonas boreales y templadas en la clasificación BMR, o como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen como categoría aparte; iii) se han incluido suelos de la región climática boreal.

Nivel 2: En el Nivel 2, el valor de referencia de las reservas de C en el suelo puede determinarse a partir de mediciones efectuadas en el suelo, por ejemplo como parte integrante de un estudio de campo de los suelos del país o de actividades cartográficas. Algunas de las ventajas consisten en unos valores más representativos para un país dado, así como la posibilidad de estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden utilizarse en un análisis de incertidumbre formal. Deberían utilizarse y documentarse unas normas aceptadas para el muestreo y el análisis del carbono orgánico del suelo y para la densidad aparente.

Factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{GM} , F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1 es una buena práctica utilizar los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{GM} , F_E) proporcionados en el Cuadro 3.3.4. Se trata de valores de las *Directrices del IPCC* actualizados, basados en un análisis estadístico de las investigaciones publicadas. En el Cuadro se incluyen definiciones orientativas que ayudarán a elegir los valores apropiados para los factores.

Nivel 2: En los métodos del Nivel 2, los factores de variación de las reservas pueden estimarse a partir de experimentos de larga duración (p. ej., Smith *et al.*, 1996; Paul *et al.*, 1997) o de otras mediciones *in situ* (p. ej., cronosecuencias *in situ*²) para un país o región determinados. A fin de estimar los factores de variación de reservas, la información recopilada de estudios publicados y otras fuentes debería incluir las reservas de C orgánico (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad determinada) o toda la información necesaria para calcular las reservas de COS, es decir, el porcentaje de materia orgánica, junto con la densidad aparente. Si se notifica el porcentaje de materia orgánica, y no el porcentaje de carbono orgánico, puede utilizarse un factor de conversión de 0,58 para el contenido de carbono de la materia orgánica del suelo. Otros datos que deberán incluirse son la profundidad de medición, y el período de tiempo para el que se ha expresado la diferencia de gestión. A falta de información específica que permita seleccionar un intervalo de profundidades alternativo, es una *buena práctica* comparar los factores de variación de las reservas a una profundidad de al menos 30 cm (es decir, a la profundidad utilizada en los cálculos del Nivel 1). La variación de las reservas para una profundidad mayor podría ser deseable si se dispusiera de un número suficiente de estudios, y si se evidenciasen estadísticamente diferencias apreciables en las reservas a mayores profundidades como consecuencia de la gestión de la tierra. Sin embargo, es esencial escoger una profundidad común para determinar los factores de referencia de las reservas de carbono en el suelo (COS_{REF}) y de la variación de las reservas. Convendría recopilar valores de los factores para los principales tipos de clima y/o suelo, al menos con el grado de detalle utilizado en el Nivel 1.

Suelos orgánicos

Al estimar las emisiones procedentes de suelos orgánicos es necesario un factor de emisión (F_E) para diferentes regímenes climáticos cuando los suelos orgánicos han sido drenados para usarlos como tierras agrícolas.

Nivel 1: Los factores de emisión por defecto para este nivel, idénticos a los de las *Directrices del IPCC*, figuran en el Cuadro 3.3.5. Estos factores están diferenciados por regímenes principales de clima (temperatura), y habrá que suponer que los suelos han sido drenados antes de utilizarlos como tierras agrícolas. Los suelos orgánicos utilizados para arrozales o cultivos menores en terrenos anegados (p. ej., arándanos de humedal, arroz silvestre) están excluidos.

Nivel 2: En el Nivel 2, los factores de emisión pueden obtenerse de los estudios publicados sobre las pérdidas de carbono procedentes de suelos orgánicos. La estimación de las pérdidas de carbono procedentes de suelos orgánicos cultivados suele estar basada en mediciones de subsidencia, existiendo menos estudios basados en mediciones directas del flujo de CO_2 (Klemetsson *et al.*, 1997; Ogle *et al.*, 2003). Algunos de los procesos que contribuyen a la subsidencia son la erosión, la compactación, la quema, y la descomposición. En la estimación del factor de emisión deberían incluirse solamente las pérdidas por descomposición. Si se utilizan datos sobre subsidencia, deberían utilizarse unos factores de conversión regionales apropiados para determinar la proporción de subsidencia atribuible a la oxidación, basándose en estudios que midan tanto la subsidencia como el flujo de CO_2 . De no disponerse de esa información, Armentano y Menges (1986) recomiendan un factor por defecto de 0,5 para la relación oxidación-subsidencia, sobre la base de una equivalencia de gramo a gramo. Si fuera posible, se recomiendan mediciones directas de los flujos de carbono, que constituyen el mejor medio para estimar las tasas de emisión en suelos orgánicos.

² Una cronosecuencia es una serie de mediciones obtenidas de ubicaciones similares pero apartadas entre sí, que representan una secuencia temporal de uso o gestión de la tierra; por ejemplo, los años transcurridos desde la deforestación. Se está tratando de controlar todas las demás diferencias entre ubicaciones (por ejemplo, seleccionando zonas similares en cuanto a los tipos de suelo, la topografía o la vegetación anterior). Las cronosecuencias suelen utilizarse como sustituto de estudios experimentales o de mediciones repetidos a lo largo del tiempo en una misma ubicación.

Encalado

Véase la Sección 3.3.1.2.1.1.

3.3.1.2.1.3 Elección de datos de actividad

Suelos minerales

La superficie de tierra agrícola sometida a prácticas de gestión diferentes (S) es un dato necesario para estimar las emisiones/absorciones en suelos minerales.

Para las tierras agrícolas existentes, los datos de actividad deberían registrar las variaciones o las tendencias de las prácticas de gestión que afecten al almacenamiento de carbono en los suelos, por ejemplo los tipos de cultivo y de rotación de cultivo, las prácticas de labranza, el regadío, la aplicación de estiércol, la gestión de residuos, etc. Existen dos tipos principales de datos de actividades de gestión: 1) estadísticas agregadas recopiladas por países o por zonas administrativas de países (p. ej., provincias, comarcas), o bien: 2) inventarios puntuales de uso y de gestión de la tierra que configuren una muestra estadística de la superficie de tierra de un país. Cualquiera de esos dos tipos de datos de actividad puede utilizarse en cualquiera de los tres niveles, en función de su resolución espacial y temporal. Para los inventarios del Nivel 1 y del Nivel 2, los datos de actividad deberían estar estratificados por regiones climáticas y tipos de suelo principales, ya que el valor de referencia de las reservas de C en el suelo varía mucho dependiendo de esos factores. Para las categorías generales de suelos definidas en el Nivel 1, pueden utilizarse mapas del suelo nacionales o incluso mundiales para delimitar las divisiones del suelo en las tierras agrícolas. En este Nivel, para aplicar modelos dinámicos y/o un inventario basado en la medición directa se necesitan datos similares o más detallados sobre las combinaciones de clima, suelo, topografía y gestión, aunque las necesidades exactas dependerán en parte del modelo que se utilice.

Las estadísticas disponibles en todo el mundo sobre el uso de la tierra y la producción de cultivos, como las contenidas en las bases de datos de la FAO (<http://apps.fao.org>), proporcionan recopilaciones anuales de las superficies de tierra totales por tipos de uso de la tierra principales, con cierto grado de diferenciación de los sistemas de gestión (p. ej., tierras agrícolas con o sin regadío), de la superficie de cultivo "permanente" (es decir, viñedos, huertos), y de la superficie de tierra y de la producción de los principales cultivos (p. ej., trigo, arroz, maíz, sorgo, etc.). Por lo tanto, si se utilizan los datos de la FAO u otros datos similares de ámbito nacional sería necesaria información adicional del país para estratificar las zonas por tipos de clima y de suelo. Si no se ha reunido todavía esa información, podría empezarse por superponer mapas de uso de la tierra/cubierta vegetal disponibles (o bien de origen nacional, o bien de acervos de datos mundiales como el IGBP_DIS) con mapas de suelos de origen nacional o de fuentes mundiales, como el Mapa Mundial de Suelos de la FAO. Cuando sea posible, deberían delimitarse las superficies de tierra asociadas a los sistemas de cultivo (por ejemplo, rotaciones y prácticas de labranza), y no simplemente las superficies en función del cultivo, y asociarse a los valores apropiados del factor de gestión. [Nota: estas consideraciones son aplicables también a la sección sobre la biomasa de las tierras agrícolas, ya que la metodología utiliza estimaciones por zonas para determinados tipos de cultivo, como los "cultivos permanentes" de la FAO.] Véase el Capítulo 2.

Los inventarios nacionales de uso de la tierra y de recursos, constituidos por una serie de puntos de muestreo permanente donde se toman datos a intervalos regulares, presentan ciertas ventajas sobre las estadísticas agregadas de actividades agrícolas y de usos de la tierra. Los puntos de inventario pueden asociarse más fácilmente a un sistema de cultivo determinado, y el tipo de suelo asociado al lugar puede determinarse mediante un muestreo, o ubicando el lugar en el mapa de suelos adecuado. Los puntos de inventario seleccionados, basados en un diseño estadístico apropiado, permiten también estimar la variabilidad asociada a los datos de actividad, que puede utilizarse como parte de un análisis de incertidumbre formal. Un ejemplo de inventario de recursos puntual que incluye tierras agrícolas es el National Resource Inventory de los Estados Unidos (Nusser y Goebel, 1997).

Suelos orgánicos

La superficie de suelos orgánicos cultivados por regímenes climáticos (S) es un dato necesario para estimar las emisiones de los suelos orgánicos. Para obtener las estimaciones de superficie pueden utilizarse bases de datos similares y metodologías como las descritas anteriormente. Una superposición de mapas de suelos que indique la distribución espacial de los histosoles (es decir, de los suelos orgánicos) con mapas de uso de la tierra que indiquen las áreas de cultivo puede proporcionar información inicial sobre las zonas de suelos orgánicos sometidas a usos agrícolas. Además, dado que los suelos orgánicos suelen necesitar de un drenaje artificial extensivo para utilizarlos con fines agrícolas, es posible emplear datos sobre los proyectos de drenaje específicos del país, además de mapas de suelos y estudios de campo, con objeto de obtener una estimación más refinada de las áreas correspondientes.

3.3.1.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Para realizar formalmente una evaluación de la incertidumbre es necesario estimar la incertidumbre de las tasas de emisión/secuestro por unidad de superficie, así como la incertidumbre de los datos de actividad (es decir, las áreas de tierra afectadas por los cambios de uso de la tierra y de gestión), y su interacción. En los cuadros

figuran, cuando se dispone de ellas, estimaciones de la incertidumbre asociada a los valores mundiales por defecto revisados, desarrollados en la presente publicación; los cuadros pueden utilizarse junto con las estimaciones apropiadas de variabilidad de los datos de actividad para estimar la incertidumbre, utilizando las restricciones proporcionadas en el Capítulo 5. Los organismos responsables del inventario deberían tener presente que los valores por defecto mundiales simples tienen un nivel de incertidumbre relativamente alto cuando se aplican a determinados países. Además, dado que los estudios de campo disponibles para obtener los valores por defecto mundiales no están distribuidos uniformemente entre las distintas regiones climáticas, tipos de suelos y sistemas de gestión, algunas áreas -particularmente en las regiones tropicales- están insuficientemente representadas. En los métodos del Nivel 2, las funciones de densidad de probabilidad (que proporcionan estimaciones de valores medios y de varianzas) pueden obtenerse de los factores de variación de las reservas, de los factores de emisión en suelos orgánicos y de las reservas de C de referencia como parte integrante del proceso de obtención de datos específicos de regiones o de países. Así, por ejemplo, Ogle *et al.* (2003) aplicaron modelos de efecto mixto lineales para obtener funciones de densidad de probabilidad correspondientes a valores de factores específicos de los Estados Unidos y a valores de referencia de las reservas de carbono para suelos agrícolas. Los datos de actividad de sistemas de inventario de uso y gestión de la tierra obtenidos estadísticamente deberían permitir asignar estimaciones de incertidumbre a áreas asociadas a cambios de uso y de gestión de las tierras. Los datos sobre emisiones y los datos de actividad, junto con sus incertidumbres correspondientes, pueden combinarse mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total (Ogle *et al.*, 2003; Smith y Heath, 2001); véase el Capítulo 5.

3.3.1.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO₂

ÓXIDO NITROSO

En las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000* se examina ya el tema de las fuentes de emisión siguientes de gases distintos del CO₂:

- emisiones de N₂O procedentes de la aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos, residuos orgánicos y fijación de nitrógeno biológico (*Directrices del IPCC*, Capítulo 4, Agricultura);
- emisiones de N₂O, NO_x, CH₄ y CO procedentes de la quema de biomasa en el lugar y fuera del lugar (*Directrices del IPCC*, Capítulo 4, Agricultura); y
- emisiones de N₂O procedentes del cultivo de suelos orgánicos.

Es una *buena práctica* atenerse a las *Directrices del IPCC* y a *OBP2000*, y seguir informando de esas emisiones en el marco del sector de la agricultura.

METANO

Las emisiones de metano procedentes de arrozales se examinan en las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*, y deberían notificarse en el marco del sector de la agricultura.

No se abordarán aquí las variaciones de la tasa de oxidación del metano en suelos aeróbicos. La escasa información de que se dispone indica que el sumidero de CH₄ es pequeño comparado con las fuentes de CH₄ procedentes de suelos inundados, como los arrozales. A medida que se investigue y se obtenga más información, será posible examinar con más detalle el efecto de diversas actividades sobre la oxidación del metano.

3.3.2 Tierras convertidas en tierras agrícolas

La conversión en tierras agrícolas de tierras sometidas a otros usos y en estado natural ocasionará, en la mayoría de los casos, emisiones de CO₂ procedentes tanto de la biomasa como de los suelos, al menos durante algunos años después de la conversión, así como emisiones de N₂O y de CH₄ procedentes del suelo. Podría ser una excepción el regadío de tierras anteriormente áridas, que puede producir ganancias de carbono netas en suelos y biomasa, y la conversión de tierras degradadas en tierras agrícolas. El cálculo de las emisiones de carbono procedentes de la conversión de tierras forestales y de praderas en tierras agrícolas figura en las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3 (Conversión de bosques y de praderas), y en la Sección 5.3 (Emisiones y absorción de CO₂ en el suelo). Al estimar las emisiones y absorciones procedentes de conversiones de usos de la tierra para obtener tierras agrícolas, es una *buena práctica* considerar tres subcategorías: la variación de las reservas de carbono en la biomasa (Sección 3.3.2.1), la variación de las reservas de carbono en el suelo (Sección 3.3.2.2), y las emisiones de óxido nitroso (Sección 3.3.2.3). Se ofrecen a continuación orientaciones metodológicas respecto de cada una de esas subcategorías.

Es una buena práctica estimar las emisiones/absorciones procedentes de "tierras convertidas en tierras agrícolas" utilizando los métodos descritos en esta subsección respecto de un período suficiente para que se produzcan las variaciones de las reservas de carbono tras la conversión del uso de la tierra. Sin embargo, los depósitos de la biomasa y del suelo responden de maneras diferentes a la conversión del uso de la tierra, por lo que los períodos necesarios para alcanzar el equilibrio de las reservas de carbono son diferentes. La variación del carbono en los depósitos de biomasa se estima utilizando el método de la Sección 3.3.2.1 para el primer período siguiente a la conversión en tierras agrícolas.³ Después de ese período, los países deberían estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa utilizando métodos descritos en la Sección 3.3.1.1, Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas, Variación del carbono almacenado en la biomasa. Dado que el período de inventario por defecto es de 20 años para las variaciones del carbono en los suelos, es éste el período de tiempo que debería utilizarse al contabilizar las áreas convertidas en tierras agrícolas.

Se indica a continuación la ecuación resumida que refleja la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas (Ecuación 3.3.7). Se examinan, además, varias metodologías para el N₂O basadas en los coeficientes de emisión. En el Cuadro 3.3.6 se resumen los niveles correspondientes a cada una de las subcategorías de carbono y para la subcategoría de N₂O.

ECUACIÓN 3.3.7

VARIACIÓN TOTAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{TTA} = \Delta C_{TTABV} + \Delta C_{TTASuelos}$$

Donde:

ΔC_{TTA} = variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

ΔC_{TTABV} = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TTASuelos}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

3.3.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

En la presente sección se ofrecen *orientaciones sobre las buenas prácticas* para calcular la variación del carbono almacenado en la biomasa por efecto de la conversión en tierras agrícolas de tierras en estado natural y destinadas a otros usos, y en particular por efecto de la deforestación y de la conversión de pastos y praderas en tierras agrícolas. Para aplicar esos métodos es necesario estimar las reservas de carbono en la biomasa viva antes y después de la conversión, sobre la base de las estimaciones de las superficies de tierra convertidas durante el período comprendido entre los estudios de campo sobre el uso de la tierra. Como resultado de la conversión en tierras agrícolas, se supondrá (en el Nivel 1) que la vegetación predominante es eliminada completamente, y que arroja cantidades de carbono prácticamente nulas en la biomasa tras la conversión. Poco después se plantará algún tipo de sistema de cultivo, que aumentará la cantidad de carbono almacenada en la biomasa. La diferencia entre los depósitos inicial y final de carbono en la biomasa se utiliza para calcular la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra y, en años posteriores, las acumulaciones y pérdidas de biomasa boscosa perenne en tierras agrícolas se contabilizan utilizando métodos de la Sección 3.3.1, Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas.

3.3.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Esta metodología permite estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva. En la actualidad no hay información suficiente para ofrecer una metodología básica con parámetros por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras agrícolas⁴. Además, la metodología siguiente tiene en cuenta únicamente la variación de las reservas de carbono en la biomasa sobre el suelo, dado que se dispone de escasos datos sobre las reservas de carbono bajo el suelo en las tierras agrícolas perennes.

³ El período dependerá de la frecuencia con que los países recopilen datos. Por ejemplo, si se obtienen estudios de campo sobre el uso de la tierra durante ciclos de cinco años (v. g., 1990, 1995, 2000), entonces una conversión de tierras acaecida en 1992 se incluirá en los datos de 1995 y por consiguiente se registrará, utilizando los métodos indicados más adelante, en el informe de inventario que incluya datos de campo correspondientes a 1995.

⁴ Deberá suponerse que todos los depósitos de detritus y de madera muerta (estimados mediante los métodos descritos en la Sección 3.2.2.2) se han oxidado tras la conversión de la tierra.

CUADRO 3.3.6			
DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS (TTA)			
Nivel Sub-categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa	Utilizar coeficientes por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa por efecto de la conversión del uso de la tierra, y el carbono de la biomasa que sustituye a la vegetación eliminada durante el año de la transición entre usos de la tierra.	Utilizar al menos algunos parámetros específicos del país respecto de las reservas de carbono para estimar la variación de las reservas de carbono en la conversión de tierras en tierras agrícolas. Asignar el carbono asociado a la eliminación de biomasa a los procesos de quemado, descomposición y otros procesos de conversión importantes a nivel nacional. Estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO ₂ en la porción de biomasa quemada tanto en el lugar como fuera del lugar. Utilizar estimaciones de superficie desglosadas por zonas climáticas y otras divisiones de interés para el país de modo que coincidan con los parámetros sobre las reservas de carbono específicos del país.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (por ejemplo, modelización, medición).
Reservas de carbono en el suelo	Para las variaciones del carbono en suelos minerales utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión por defecto.	Para los suelos minerales y orgánicos utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (por ejemplo, modelización, medición).
Óxido nítrico procedente de la oxidación del suelo durante la conversión	Utilizar parámetros por defecto y un desglose espacial grueso.	Utilizar parámetros específicos del país y un mayor desglose espacial.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (por ejemplo, modelización, medición) y notificar como tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas en el sector de UTCUTS.

3.3.2.1.1.1 Elección del método

En las *Directrices del IPCC* se describen alternativas cada vez más sofisticadas que incorporan un mayor nivel de detalle respecto de las áreas de tierra convertidas, de las reservas de carbono en las tierras, y de la absorción de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra. En la *Orientación sobre las buenas prácticas*, esas consideraciones se reflejan en una metodología estructurada en niveles, de modo que el nivel elegido dependa de la disponibilidad de datos y de las circunstancias nacionales. Todos los países deberían tratar de mejorar los métodos de inventario y de notificación escogiendo el Nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias del país. Es una *buen práctica* que los países utilicen un método del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas constituyan una categoría esencial, y cuando la subcategoría de biomasa viva se considere significativa con arreglo a los principios expuestos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

Nivel 1: El método del Nivel 1 se conforma a las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3, Conversión de bosques y de praderas, en que la cantidad de biomasa eliminada para obtener tierras agrícolas se estima multiplicando la superficie de bosque convertida en un año por el promedio de las reservas de carbono en la biomasa del bosque

antes de la conversión. Es una *buena práctica* contabilizar íntegramente todas las conversiones de tierras en tierras agrícolas. En la presente sección se examina ese método, de modo que abarque todos los usos iniciales de la tierra, incluidos – aunque no exclusivamente – los bosques.

En la Ecuación 3.3.8 se resumen los principales elementos de una aproximación de primer orden a la variación de las reservas de carbono en la conversión de una tierra en tierra agrícola. Para cada tipo de conversión, se estima la media de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie. La media de la variación de las reservas de carbono es igual a la variación de las reservas de carbono debida a la eliminación de biomasa para el uso inicial de la tierra (es decir, el carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión menos el carbono de la biomasa antes de la conversión), más las reservas de carbono durante un año de crecimiento en tierras agrícolas tras la conversión. Como se indica en las *Directrices del IPCC*, es necesario contabilizar toda la vegetación que sustituirá a la eliminada durante la conversión del uso de la tierra. En las *Directrices del IPCC* se combinan en un solo término el carbono de la biomasa tras la conversión y el carbono de la biomasa que crece en la tierra después de la conversión. Con arreglo a este método, ambos conceptos se separan en dos términos diferentes, $C_{\text{Después}}$ y $\Delta C_{\text{Crecimiento}}$, para una mayor transparencia. En el Nivel 1, las reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión ($C_{\text{Después}}$) se suponen nulas; en otras palabras, la tierra se supone exenta de vegetación antes de establecer el cultivo. La media de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para una conversión dada de uso de la tierra se multiplica por la superficie estimada de tierra que experimenta esa conversión en un año dado. En años subsiguientes, la variación en la biomasa de los cultivos anuales se considera nula, ya que las ganancias de carbono en la biomasa como consecuencia del crecimiento anual están compensadas por las pérdidas en la recolección, y la variación en la biomasa de los cultivos leñosos perennes se contabiliza según la metodología de la Sección 3.3.1.1 (Variación de las reservas de carbono en la biomasa, en: Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas).

Las etapas básicas para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa por conversión de las tierras en tierras agrícolas son las siguientes:

- i) estimar la superficie de tierra que experimenta una transición de tierra no agrícola a tierra agrícola durante un año ($S_{\text{conversión}}$), por separado para cada uso inicial de la tierra (es decir, tierras forestales, praderas, etc.) y para cada tipo de cultivo final (es decir, leñoso anual o perenne);
- ii) para cada tipo de transición de una tierra a tierra agrícola se utilizará la Ecuación 3.3.8, con objeto de estimar la variación resultante de las reservas de carbono. Los datos por defecto de la Sección 3.3.2.1.1.2 respecto de $C_{\text{Después}}$, C_{Antes} , y $\Delta C_{\text{Crecimiento}}$ pueden utilizarse para estimar la variación total de las reservas por unidad de superficie para cada tipo de transición de uso de la tierra. Seguidamente, la estimación de la variación de reservas por unidad de superficie podrá multiplicarse por las correspondientes estimaciones de superficie obtenidas de la etapa 1;
- iii) estimar la variación total de las reservas de carbono resultante de todas las conversiones de tierra en tierra agrícola sumando las distintas estimaciones correspondientes a cada transición.

El supuesto por defecto del Nivel 1 consiste en que todo el carbono de la biomasa se pierde en la atmósfera mediante procesos de descomposición en el lugar o fuera de lugar. Por ello, los cálculos del Nivel 1 no diferencian entre las emisiones inmediatas procedentes de la quema y otras actividades de conversión.

ECUACIÓN 3.3.8

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{\text{TTABV}} = S_{\text{Conversión}} \cdot (T_{\text{Conversión}} + \Delta C_{\text{Crecimiento}})$$

$$T_{\text{Conversión}} = C_{\text{Después}} - C_{\text{Antes}}$$

Donde:

ΔC_{TTABV} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

$S_{\text{Conversión}}$ = superficie anual de tierras convertidas en tierras agrícolas, en ha año⁻¹

$T_{\text{Conversión}}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión cuando la tierra es convertida en tierra agrícola, en toneladas de C ha⁻¹

$\Delta C_{\text{Crecimiento}}$ = variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en tierras agrícolas, en toneladas de C ha⁻¹

$C_{\text{Después}}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en tierras agrícolas, en toneladas de C ha⁻¹

C_{Antes} = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en tierras agrícolas, en toneladas de C ha⁻¹

Nivel 2: Los cálculos del Nivel 2 son estructuralmente similares a los del Nivel 1, con las diferencias siguientes. En primer lugar, el Nivel 2 está basado en al menos algunas estimaciones específicas del país sobre las reservas de carbono en usos de la tierra iniciales y finales, y no en los valores por defecto indicados en la Sección 3.3.2.1.1.2. Las estimaciones de superficie para las tierras convertidas en tierras agrícolas se desglosan en escalas espaciales más finas a fin de que las variaciones regionales y del sistema de cultivo se reflejen en el valor de las reservas de carbono específico del país.

En segundo lugar, el Nivel 2 puede modificar el supuesto de que las reservas de carbono son nulas inmediatamente después de la conversión. Con ello se permite a los países tomar en cuenta las transiciones de uso de la tierra en que se elimina sólo una parte de la vegetación de la tierra en su uso original.

En tercer lugar, en el Nivel 2 es una *buena práctica* asignar las pérdidas de carbono a los procesos de quema y de descomposición, si procede. Las emisiones de dióxido de carbono se producen como resultado de la quema y de la descomposición en las conversiones de uso de la tierra. Además, la quema produce emisiones de gases de traza distintos del CO₂. Distribuyendo las pérdidas entre la quema y la descomposición, los países pueden calcular también las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ procedentes de la quema. En el Libro de trabajo de las *Directrices del IPCC* se ofrecen instrucciones paso a paso para estimar las absorciones de carbono por quema y descomposición de la biomasa en el lugar y fuera de lugar, y para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ por efecto de la quema (págs. 5.7 a 5.17). A continuación se ofrecen orientaciones para estimar las absorciones de carbono por quema y descomposición, y en la Sección 3.2.1.4 del presente capítulo se ofrecen otras directrices para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ por efecto de la quema.

Las ecuaciones básicas para estimar la cantidad de carbono quemado o abandonado hasta su descomposición son las Ecuaciones 3.3.10 y 3.3.11. En esta metodología se examina el proceso de quema utilizado para desbrozar la tierra. Las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema utilizada para la gestión de tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas se examinan en el capítulo sobre agricultura de *OBP2000*. El supuesto por defecto de las Ecuaciones 3.3.10 y 3.3.11 consiste en que sólo la biomasa sobre el suelo es quemada o se descompone. Se sugiere a los países que utilicen información adicional para evaluar este supuesto, particularmente respecto de la biomasa bajo el suelo que se descompone. Las Ecuaciones 3.3.10 y 3.3.11 permiten estimar la cantidad de carbono en la biomasa eliminada durante una conversión en tierras agrícolas por quema (en el lugar o fuera del lugar) o descomposición, respectivamente. La metodología básica puede modificarse para tratar otras actividades de conversión y en respuesta a necesidades de ámbito nacional. Ambas ecuaciones utilizan como aporte la cantidad total de carbono de la biomasa eliminada durante el desbroce de la tierra ($\Delta C_{\text{conversión}}$) (Ecuación 3.3.9), que es equivalente a la superficie de tierra convertida ($S_{\text{conversión}}$) multiplicada por la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión ($T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.3.8).

La parte de biomasa eliminada se utiliza en ocasiones como productos de madera. En el caso de los productos de madera, los países pueden utilizar el supuesto por defecto de que el carbono de los productos de madera se oxida en el año de su absorción. Alternativamente, los países pueden consultar el Apéndice 3a.1 con respecto a las técnicas de estimación del almacenamiento de carbono en productos de madera recolectados, que puede contabilizarse suponiendo un aumento del carbono en el depósito del producto.

ECUACIÓN 3.3.9
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO POR ELIMINACIÓN DE LA BIOMASA EN UNA CONVERSIÓN DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{\text{conversión}} = S_{\text{conversión}} \bullet T_{\text{conversión}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{conversión}}$ = variación de las reservas de carbono por eliminación de la biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$S_{\text{conversión}}$ = superficie de tierra convertida en tierra agrícola a partir de cierto uso inicial, en ha

$T_{\text{conversión}}$ = reservas de carbono eliminadas en la conversión de una tierra en tierra agrícola a partir de cierto uso inicial, en toneladas de C ha⁻¹ (según la Ecuación 3.3.8)

ECUACIÓN 3.3.10
PÉRDIDAS DE CARBONO POR QUEMA DE BIOMASA, EN EL LUGAR Y FUERA DEL LUGAR

$$P_{\text{quema en el lugar}} = \Delta C_{\text{conversión}} \bullet \rho_{\text{quema en el lugar}} \bullet \rho_{\text{óxido}}$$

$$P_{\text{quema fuera del lugar}} = \Delta C_{\text{conversión}} \bullet \rho_{\text{quema fuera del lugar}} \bullet \rho_{\text{óxido}}$$

Donde:

P_{quema} = pérdidas de carbono procedentes de la biomasa quemada, en toneladas de C

$\Delta C_{\text{conversión}}$ = variación de las reservas de carbono como consecuencia de la eliminación de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{\text{quemada en el lugar}}$ = fracción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{\text{óxido}}$ = fracción de biomasa que se oxida al arder, sin dimensiones

$\rho_{\text{quemada fuera del lugar}}$ = fracción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

ECUACIÓN 3.3.11
PÉRDIDAS DE CARBONO PROCEDENTES DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA

$$P_{\text{descomposición}} = \Delta C_{\text{conversión}} \bullet \rho_{\text{descomposición}}$$

$$\rho_{\text{descomposición}} = 1 - (\rho_{\text{quemada en el lugar}} + \rho_{\text{quemada fuera del lugar}})$$

Donde:

$P_{\text{descomposición}}$ = pérdidas de carbono procedentes de la descomposición de la biomasa, en toneladas de C

$\Delta C_{\text{conversión}}$ = variación de las reservas de carbono como consecuencia de la eliminación de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{\text{descomposición}}$ = fracción de biomasa abandonada en el lugar hasta que se descompone, sin dimensiones

$\rho_{\text{quemada en el lugar}}$ = fracción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{\text{quemada fuera del lugar}}$ = fracción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

Es una *buena práctica* que los países utilicen los términos $P_{\text{quemada en el lugar}}$ y $P_{\text{quemada fuera del lugar}}$ como datos de aporte para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ procedentes de la quema con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.2.1.4.

Nivel 3: El método del Nivel 3 es similar al del Nivel 2, con las diferencias siguientes: en lugar de utilizar el promedio de las tasas de conversión anuales, los países pueden utilizar estimaciones directas, desglosadas espacialmente, de las áreas convertidas anualmente para cada uso de la tierra inicial y final; las densidades de carbono y la variación de las reservas de carbono en el suelo están basadas en información específica local, que permite establecer un vínculo directo entre la biomasa y el suelo; y los volúmenes de biomasa están basados en inventarios reales.

3.3.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Tanto en las *Directrices del IPCC* como en esta publicación se ofrecen parámetros por defecto para que los países con escasos recursos de datos puedan estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente. En la primera etapa de esta metodología se necesitan parámetros sobre las reservas de carbono antes de la conversión para cada uso de la tierra inicial (C_{Antes}) y después de la conversión ($C_{\text{Después}}$). Se supondrá que toda la biomasa es eliminada durante la preparación de un lugar para destinarlo a tierras agrícolas, con lo que el valor por defecto de $C_{\text{Después}}$ será de 0 toneladas de C ha⁻¹. En el Cuadro 3.3.7 se ofrecen valores por defecto de las reservas de carbono C_{Antes} para tierras utilizadas como bosque o pradera antes del desbroce.

Además, se necesita el valor de las reservas de carbono al cabo de un año de crecimiento en los cultivos plantados tras la conversión ($\Delta C_{\text{Crecimiento}}$). El Cuadro 3.3.8 contiene valores por defecto para $\Delta C_{\text{Crecimiento}}$. Por separado, se ofrecen valores por defecto respecto de los cultivos no leñosos anuales y leñosos perennes. Para las tierras plantadas con cultivos anuales, el valor por defecto de $\Delta C_{\text{Crecimiento}}$ es de 5 toneladas de C por hectárea, basado en la recomendación original de las *Directrices del IPCC* de 10 toneladas de biomasa seca por hectárea (la biomasa seca aparece convertida en toneladas de carbono en el Cuadro 3.3.8). Las reservas de carbono por defecto tras un año de crecimiento en cultivos leñosos perennes son las indicadas en el Cuadro 3.3.2. La acumulación total de carbono en biomasa boscosa perenne superará con el tiempo las reservas de carbono por defecto acumuladas en tierras agrícolas anual. Sin embargo, los valores por defecto indicados en la presente sección corresponden a un año de crecimiento inmediatamente después de la conversión, que normalmente arroja, para los cultivos leñosos perennes, unas reservas de carbono menores que para los cultivos anuales.

CUADRO 3.3.7 VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA ELIMINADAS POR CONVERSIÓN DE TIERRAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS		
Categoría de uso de la tierra	Reservas de carbono en la biomasa antes de la conversión (C_{Antes}) (en toneladas de $C\ ha^{-1}$)	Intervalo de error [#]
Tierras forestales	Véanse en los Cuadros 3A.2 y 3A.3 del Anexo 3A.1 las reservas de carbono para diversos tipos de bosque, por regiones climáticas. Las reservas están expresadas en términos de materia seca. <i>Para convertir la materia seca en carbono, se multiplican los valores por una fracción de carbono (FC) igual a 0,5.</i>	Véase la Sección 3.2.2 (Tierras convertidas en tierras forestales).
Praderas	Véanse en el Cuadro 3.4.2 las reservas de carbono para diversos tipos de praderas y de regiones climáticas.	$\pm 75\%$

Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresado como porcentaje de la media.

CUADRO 3.3.8 VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO PRESENTES EN LA BIOMASA DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS EN EL AÑO SIGUIENTE A LA CONVERSIÓN		
Tipo de cultivo por regiones climáticas	Reservas de carbono en la biomasa después de un año ($\Delta C_{Crecimiento}$) (en toneladas de $C\ ha^{-1}$)	Escala de error [#]
Tierra agrícola anual	5	$\pm 75\%$
Tierra agrícola perenne		
Templada (todos los regímenes de humedad)	2,1	$\pm 75\%$
Tropical, seca	1,8	$\pm 75\%$
Tropical, húmeda	2,6	$\pm 75\%$
Tropical, muy húmeda	10,0	$\pm 75\%$

Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

Nivel 2: Los métodos del Nivel 2 deberían incorporar estimaciones específicas del país respecto de las reservas y eliminaciones de biomasa por efecto de la conversión de la tierra, así como estimaciones de pérdidas en el lugar y fuera del lugar producidas por quema y descomposición tras la conversión de las tierras en tierras agrícolas. Las mejoras pueden consistir en estudios sistemáticos del contenido de carbono y de las emisiones y absorciones asociadas a los usos de la tierra y a la conversión de usos de la tierra en el ámbito del país, así como un reexamen de los supuestos por defecto atendiendo a las condiciones específicas del país.

Aunque se ofrecen parámetros por defecto para las emisiones procedentes de la quema y descomposición, se sugiere a los países que desarrollen coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. En las *Directrices del IPCC* se utiliza un valor por defecto general de 0,5 para la proporción de biomasa quemada en el lugar, tanto para las conversiones de bosques como de praderas. Estudios de investigación sugieren que esa fracción es muy variable y podría ser de tan sólo 0,2 (Fearnside 2000, Barbosa y Fearnside, 1996, y Fearnside, 1990). En el Cuadro 3A.13 se ofrecen valores por defecto actualizados de la proporción de biomasa quemada en el lugar, para diversas clases de vegetación forestal. Estos valores por defecto deberían utilizarse para las transiciones de tierras forestales a tierras agrícolas. Para los usos de la tierra iniciales no forestales, la proporción de biomasa por defecto abandonada en el lugar y quemada es de 0,35. Este valor está basado en investigaciones que sugieren que la fracción debería estar situada entre 0,2 y 0,5 (p. ej. Fearnside, 2000; Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). Es una *buena práctica* que los países utilicen el valor 0,35 u otro valor comprendido en ese intervalo, siempre y cuando se documente la razón por la que se ha escogido. No hay valores por defecto para la cantidad de biomasa sacada del lugar y quemada; los países necesitarán obtener un valor proporcional basándose en las fuentes de datos nacionales. En la Ecuación 3.3.10, el valor por defecto de la proporción de biomasa oxidada por combustión es 0,9, como se indicó originalmente en las *Directrices del IPCC*.

El método para estimar las emisiones procedentes de la descomposición se basa en el supuesto de que toda la biomasa se descompone en 10 años. A efectos de notificación, los países tienen dos posibilidades: notificar todas las emisiones procedentes de la descomposición en un año, reconociendo que en realidad se producen durante diez años, o notificar todas las emisiones procedentes de la descomposición con periodicidad anual, estimando la tasa en la décima parte de los totales de la Ecuación 3.3.11. Si los países escogen esta última opción, deberían multiplicar por 0,10 las Ecuaciones 3.3.11.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deberían estar definidos por el país utilizando valores más exactos que los valores por defecto.

3.3.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles son necesarias estimaciones de las superficies de tierra convertidas en tierras agrícolas. Deberían utilizarse las mismas estimaciones de superficie para los cálculos de biomasa y de suelo para las tierras convertidas en tierras agrícolas. En niveles superiores es necesario especificar aún más las superficies. Para ser coherentes con las *Directrices del IPCC*, como mínimo, la superficie de bosques y de praderas naturales convertidos en tierras agrícolas debería identificarse por separado para todos los niveles. Ello implica al menos cierto conocimiento de los usos de la tierra antes de la conversión; podría ser necesario recurrir al dictamen de expertos si se utiliza el procedimiento 1 del Capítulo 2 para identificar las áreas de tierra.

Nivel 1: En el Nivel 1 es necesario un tipo de datos de actividad: la estimación por separado de las superficies convertidas en tierras agrícolas a partir de usos de la tierra iniciales (es decir, tierras forestales, praderas, asentamientos, etc.) para obtener un tipo de cultivo final (es decir, anual o perenne) ($S_{\text{conversión}}$). Por ejemplo, los países deberían estimar por separado la superficie de bosque húmedo tropical convertido en tierra agrícola anual, de bosque húmedo tropical convertido en tierra agrícola perenne, de pradera húmeda tropical convertida en tierra agrícola perenne, etc. Se presupone que las estimaciones de superficie están basadas en un período de un año. Si se realizan estimaciones de superficie para períodos más largos, habría que convertirlas en superficies anuales promediadas para adecuarse a los valores de las reservas de carbono por defecto indicados anteriormente. Si los países no disponen de esos datos, pueden extrapolar muestras parciales de datos sobre las tierras, o estimaciones históricas de las conversiones basadas en el dictamen de expertos del país. Con arreglo a los cálculos del Nivel 1, para estimar área de tierra convertida en tierra agrícola a partir de cada uso inicial pueden utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC* u otras fuentes, suplementadas con unos supuestos razonables. Para el cálculo en niveles superiores se utilizan fuentes de datos específicas del país para estimar todas las posibles transiciones desde un uso inicial de la tierra hasta el tipo de cultivo final.

Nivel 2: Los países deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie reales respecto de todas las posibles transiciones desde un uso inicial de la tierra hasta un tipo de cultivo final. La cobertura total de las áreas de tierra puede conseguirse mediante un análisis de imágenes de los usos de la tierra y de las pautas de cobertura terrestre, obtenidas periódicamente por teledetección, mediante un muestreo periódico *in situ* de las pautas de uso de la tierra, o bien mediante sistemas de inventario híbridos. Si se dispone parcialmente de datos específicos del país de mayor resolución, se sugiere a los países que utilicen supuestos razonables, basados en los conocimientos más apropiados disponibles, para extrapolar al conjunto de las tierras. Las estimaciones históricas de las conversiones pueden extrapolarse en el tiempo con arreglo al dictamen de expertos del país.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en una contabilidad completa de todas las transiciones de uso de la tierra para pasar a tierras agrícolas, y deberían estar desglosados para reflejar diferentes tipos de situación en el territorio del país. El desglose podrá efectuarse por circunscripciones (comarca, provincia, etc.), por biomas, por climas, o utilizando una combinación de estos parámetros. En muchos casos, los países tendrán información sobre las tendencias multianuales de la conversión de las tierras (tomada de inventarios periódicos de los usos de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidos mediante muestras o teledetección).

3.3.2.1.1.4. Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En este método, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las tasas de conversión y de estimaciones groseras de las áreas de tierra convertidas en tierras agrícolas. Además, la utilización de parámetros por defecto para las reservas de carbono en las condiciones iniciales y finales contribuye a unos niveles relativamente altos de incertidumbre. En este método, los valores por defecto llevan asociados los correspondientes intervalos de error. Para obtener los datos por defecto proporcionados en la Sección 3.3.2.1.1.2 se utilizó una recopilación de investigaciones publicadas sobre las reservas de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). Aunque esos valores por defecto se obtuvieron de múltiples estudios, los intervalos de incertidumbre correspondientes no figuraban en la publicación. Por ello, se ha supuesto un valor de incertidumbre por defecto de $\pm 75\%$ de las reservas de carbono, basándose en el dictamen de expertos.

Nivel 2: Las estimaciones de superficie reales correspondientes a diferentes transiciones de uso de la tierra permitirán una contabilidad más transparente y ayudarán a los expertos a identificar lagunas y dobles cálculos de las áreas de tierra. El método del Nivel 2 utiliza al menos algunos valores por defecto definidos para el país, que mejorarán la exactitud de las estimaciones, ya que representan mejor las condiciones de interés para el país. La utilización de valores específicos del país debería implicar un número suficiente de tamaños de la muestra y/o la aplicación del dictamen de expertos para estimar las incertidumbres, que, junto con las estimaciones de incertidumbre sobre los datos de actividad obtenidos mediante las sugerencias del Capítulo 2, deberían utilizarse en las metodologías de análisis de incertidumbre descritas en el Capítulo 5.

Nivel 3: Los datos de actividad obtenidos de un sistema de inventario de usos y tipos de gestión de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a superficies asociadas a cambios de uso de la tierra. Los datos sobre emisiones y actividades, junto con sus correspondientes incertidumbres, pueden combinarse mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total.

3.3.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3.3.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La conversión de tierras en tierras agrícolas puede tener lugar en tierras no gestionadas, incluidos los ecosistemas nativos relativamente inalterados (por ejemplo, tierras forestales, praderas, sabanas, humedales), o en tierras gestionadas para otros usos (por ejemplo, bosques gestionados, tierras de pastoreo gestionadas). La gestión más intensiva que conlleva el uso de tierras agrícolas (es decir, un alto nivel de absorción de biomasa recolectada, y una frecuente alteración del suelo por labranza) redundará normalmente en pérdidas de C en la materia orgánica del suelo y en la materia orgánica muerta (detritus de superficie y restos de madera gruesos). Debería suponerse que todos los depósitos de detritus y de madera muerta (estimados utilizando los métodos descritos en la Sección 3.2.2.2) se oxidan tras la conversión de la tierra, y que la variación de las reservas de C en la materia orgánica del suelo debería estimarse como se indica a continuación.

La variación total de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en tierras agrícolas se indica en la Ecuación 3.3.12 siguiente:

<p>ECUACIÓN 3.3.12</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS</p> $\Delta C_{TTA_{Suelos}} = \Delta C_{TTA_{Minerales}} - \Delta C_{TTA_{Orgánicos}} - \Delta C_{TTA_{Encalado}}$

Donde:

- $\Delta C_{TTA_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹
- $\Delta C_{TTA_{Minerales}}$ = variación de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹
- $\Delta C_{TTA_{Orgánicos}}$ = emisiones de C anuales procedentes de suelos orgánicos cultivados convertidos en tierras agrícolas (estimadas en términos de flujo anual neto), en toneladas de C año⁻¹
- $\Delta C_{TTA_{Encalado}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas en tierras convertidas en tierras agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

Los criterios para seleccionar el método de estimación más apropiado son similares a los expuestos para los suelos de tierras agrícolas permanentes. Algunos factores clave son el tipo de conversión de la tierra y la longevidad de la conversión, así como la disponibilidad de información adecuada específica del país para estimar los valores de referencia de las reservas de C en el suelo y los factores de emisión y de variación de las reservas.

Todos los países deberían tratar de mejorar los métodos de inventario y de notificación escogiendo el Nivel más elevado posible atendiendo a las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en tierras agrícolas sean una categoría esencial y cuando la subcategoría de materia orgánica del suelo se considere significativa con arreglo a los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

3.3.2.2.1.1 Elección del método

Suelos minerales

El método del Nivel 1 está basado en las *Directrices del IPCC* (Emisiones y absorción de CO₂ en el suelo por efecto del uso y gestión de la tierra, Sección 5.3), y utiliza la Ecuación 3.3.3 tras la conversión de la tierra. Los métodos del Nivel 1 se basan en los valores de referencia por defecto de las reservas de C y de los factores de variación de las reservas, y en datos relativamente desglosados sobre la ubicación y las tasas de conversión de uso de la tierra.

En el Nivel 1, el valor inicial (previo a la conversión) de las reservas de C en el suelo (COS_(0-T)) se determina a partir de los mismos valores de referencia de las reservas de C en el suelo (COS_{REF}) utilizados para todos los usos de la tierra (Cuadro 3.3.3), junto con los factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) apropiados para los usos de la tierra anteriores, como se indica en el Cuadro 3.3.9 (véanse también las Secciones 3.2.1.3 (Suelos

forestales) y 3.4.1.2 (Suelos de praderas)). Para las tierras no gestionadas, así como para los bosques gestionados y las tierras de pastoreo con regímenes de alteración débiles, se supondrá que las reservas de C en el suelo son iguales a los valores de referencia (es decir, que los factores de uso de la tierra, de gestión y de aporte son iguales a 1). Las reservas actuales de C en el suelo (COS_0) en tierras convertidas en tierras agrícolas se estiman exactamente igual que para las tierras agrícolas permanentes, es decir, utilizando los valores de referencia de las reservas de carbono (Cuadro 3.3.3) y los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.3.9). Así, las tasas anuales de emisión (fuente) o de absorción (sumidero) se calculan dividiendo la diferencia entre los valores de las reservas (entre dos momentos) por el período de inventario (valor por defecto: 20 años).

Las etapas de cálculo para determinar COS_0 y $COS_{(0-T)}$, así como la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha de área de tierra son las siguientes:

- Etapas:**
- Etapas 1:** Seleccionar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), basándose en el clima y en el tipo de suelo, para cada área de tierra que se somete a inventario.
 - Etapas 2:** Calcular las reservas de C antes de la conversión ($COS_{(0-T)}$) de tierras en tierras agrícolas, basándose en el valor de referencia de las reservas de carbono y en el uso y gestión de la tierra anteriores, que determinan los factores de uso de la tierra (F_{UT}), de gestión (F_{RG}) y de aporte (F_E). Obsérvese que, cuando las tierras sometidas a conversión son bosques o praderas nativas, las reservas antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de las reservas de carbono en el suelo nativo.
 - Etapas 3:** Calcular el valor de COS_0 repitiendo la Etapa 2 con el mismo valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), pero con unos factores de uso de la tierra, de labranza y de aporte que representen las condiciones de la tierra convertida en tierra agrícola.
 - Etapas 4:** Calcular el promedio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario ($\Delta C_{TATA_{Minerales}}$).

Ejemplo: Para un bosque situado en suelo volcánico, en un entorno húmedo tropical: $COS_{Ref} = 70$ toneladas de C ha^{-1} . Para todos los suelos forestales (y para las praderas nativas), los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E) son todos iguales a 1; así, $COS_{(0-T)}$ tiene un valor de 70 toneladas de C ha^{-1} . Si la tierra es convertida en tierra agrícola anual con labranza intensiva y bajo aporte de C residual, entonces $COS_0 = 70$ toneladas de C $ha^{-1} \bullet 0,58 \bullet 1 \bullet 0,91 = 36,9$ toneladas de C ha^{-1} . Así, el valor medio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario arroja un valor de $(36,9$ toneladas de C $ha^{-1} - 70$ toneladas de C $ha^{-1})/20$ años = $-1,7$ toneladas de C $ha^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Las *Directrices del IPCC* contienen también estimaciones de la variación de las reservas de C vinculada a la conversión transitoria del uso de la tierra para obtener tierras agrícolas mediante un cambio de cultivo. En tales casos, los factores de variación de las reservas son diferentes de los utilizados cuando la conversión se hace para obtener tierras agrícolas permanentes, y la variación de las reservas de C en el suelo dependerá de la duración del ciclo de barbecho (recuperación de la vegetación). Cuando hay cambios de cultivo, el cálculo de las reservas de carbono en el suelo representa un promedio del ciclo cultivo-barbecho. El término "barbecho maduro" indica que la vegetación que no forma parte del cultivo (por ejemplo, los bosques, las sabanas) retorna a un estado maduro o casi maduro antes de ser eliminada de nuevo en aras del cultivo, mientras que el término "barbecho acortado" indica que la vegetación no se recupera antes de ser nuevamente eliminada. Si una tierra ya sometida a cambios de cultivo es convertida en tierras agrícolas permanentes (o para otros usos de la tierra), los factores de reservas que representan el cambio de cultivo proporcionarán las reservas de C "iniciales" para el cálculo de las variaciones posteriores a la conversión.

El método del Nivel 2 aplicado a los suelos minerales está basado también en la Ecuación 3.3.3, aunque utiliza unos factores de referencia específicos del país o de la región con respecto a las reservas de C y/o a la variación de las reservas, además de unos datos de actividad más desglosados.

Suelos orgánicos

Las metodologías de los Niveles 1 y 2 para los suelos orgánicos convertidos en tierras agrícolas a partir de otros usos de la tierra en el período de inventario reciben el mismo tratamiento que los suelos orgánicos cultivados durante largos períodos, es decir, se les aplica un factor de emisión constante basado en el régimen climático (véanse la Ecuación 3.3.5 y el Cuadro 3.3.5). En el Nivel 2, los factores de emisión se obtienen de datos específicos del país o de la región.

Suelos minerales y orgánicos

Tanto para los suelos minerales como orgánicos, los métodos del Nivel 3 están basados en unos modelos más detallados y específicos del país y/o en metodologías basadas en mediciones, que utilizan datos muy desglosados sobre los usos y la gestión de las tierras. En el Nivel 3, las metodologías para estimar la variación de C en el

suelo por efecto de la conversión del uso de la tierra para obtener tierras agrícolas deberían utilizar modelos y conjuntos de datos que permitan representar las transiciones a lo largo del tiempo de un tipo de uso de la tierra y de vegetación a otro, particularmente en bosques, sabanas, praderas y tierras agrícolas. Es necesario integrar la metodología del Nivel 3 con las estimaciones de absorción de biomasa y con el tratamiento de los residuos vegetales tras el desbroce (en particular, residuos de madera y detritus), ya que si varían los niveles de absorción y el tratamiento de los residuos (p. ej., combustión, preparación del lugar) resultarán también afectados los aportes de C a la formación de materia orgánica en el suelo y a las pérdidas de C por descomposición y combustión. Es esencial validar los modelos mediante observaciones independientes obtenidas en lugares específicos del país o de la región que sean representativas de las interacciones entre el clima, el suelo y el tipo de vegetación cuando varían las reservas de C en el suelo después de la conversión.

Encalado

Cuando se encalan para fines agrícolas las tierras agrícolas convertidas a partir de otros usos de la tierra, los métodos de estimación de las emisiones de CO₂ por efecto del encalado serán los mismos que los descritos para las *Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas*, en la Sección 3.3.1.2.1.1.

3.3.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Para utilizar los métodos del Nivel 1 o del Nivel 2 se necesitarán las variables siguientes:

Valores de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Nivel 1: En el marco del Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.3.3. Se trata de un valor actualizado con respecto a los indicados en las *Directrices del IPCC*, que incorpora las mejoras siguientes: i) las estimaciones se obtienen, por medios estadísticos, de recopilaciones recientes de perfiles de suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de zonas boreales y templadas en la clasificación BMR, o como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen en una categoría aparte; iii) se han incluido los suelos de la región climática boreal.

Nivel 2: En los métodos del Nivel 2, el valor de referencia de las reservas de C en el suelo puede determinarse realizando mediciones del suelo, por ejemplo mediante datos directos obtenidos de los suelos o mediante cartografías de ámbito nacional. Es importante utilizar descripciones taxonómicas fiables de los suelos en que se realizan mediciones, para agrupar éstos en las clases definidos en el Cuadro 3.3.3; si se utiliza una subdivisión más fina del valor de referencia de las reservas de C en el suelo, las definiciones de los grupos de suelos deberán estar documentadas de manera coherente y adecuada. Algunas de las ventajas de utilizar datos específicos del país para estimar el valor de referencia de las reservas de C en el suelo consisten en unos valores más exactos y representativos para un país dado, y la posibilidad de estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden usarse en un análisis de incertidumbre formal.

Factores de variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1 es una *buena práctica* utilizar los factores por defecto de la variación de las reservas (F_{UT}, F_{RG}, F_E) incluidos en el Cuadro 3.3.9. Se trata de valores actualizados de las *Directrices del IPCC*, basados en un análisis estadístico de diversas investigaciones publicadas. En el cuadro se incluyen definiciones orientativas para poder seleccionar factores apropiados. Los factores de variación de las reservas se utilizan para estimar las reservas después (COS₀) y antes de la conversión (COS_(0-T)); los valores variarán en función de las condiciones de uso y gestión de la tierra antes y después de la conversión. Obsérvese que, cuando se convierte en tierra agrícola una tierra forestal o una pradera nativa, los factores de variación de las reservas valdrán todos 1, de modo que las reservas de carbono en el suelo antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de la vegetación nativa (COS_{REF}).

Nivel 2: En el Nivel 2, la estimación de los factores específicos del país respecto de la variación de las reservas para la conversión de tierras en tierras agrícolas estará basada normalmente en comparaciones de parcelas emparejadas que representen tierras convertidas y no convertidas, de modo que todos los factores excepto la historia de los usos de la tierra sean lo más semejantes posible (véase, por ejemplo, Davidson and Ackermann, 1993). Lo ideal sería encontrar ubicaciones de muestra que representen un uso de la tierra dado en diferentes momentos después de la conversión: lo que se denomina "cronosecuencia" (por ejemplo, Neill *et al.*, 1997). Hay pocos experimentos replicados de larga duración sobre las conversiones del uso de la tierra; por ello, los correspondientes factores de variación de las reservas y de emisión adolecerán de una mayor incertidumbre que cuando las tierras agrícolas son permanentes. Al evaluar los estudios existentes o al realizar nuevas mediciones, es esencial que las parcelas que se comparan tengan una historia y una gestión semejantes antes de la conversión, así como una posición topográfica y unas propiedades físicas del suelo similares, y que se encuentren próximas entre sí. Con respecto a las tierras agrícolas permanentes, la información necesaria consistirá en las reservas de C (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad especificada) para cada uso de la tierra (y para cada fecha si se utiliza una cronosecuencia). Como ya se ha indicado bajo el epígrafe *Tierras agrícolas que*

siguen siendo tierras agrícolas, a falta de información específica que permita seleccionar un intervalo de profundidades alternativo, es una *buen práctica* comparar los factores de variación de las reservas para una profundidad de al menos 30 cm (la utilizada en los cálculos del Nivel 1). La variación de las reservas a mayor profundidad sería deseable si se dispusiera de un número suficiente de estudios, y si se evidenciara diferencias estadísticamente significativas en el valor de las reservas por efecto de la gestión de la tierra a mayores profundidades. Sin embargo, es esencial que los valores de referencia de los factores de reservas de carbono en el suelo (COS_{Ref}) y de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_{E}) se determinen hasta una profundidad común.

Suelos orgánicos

En el **Nivel 1** y en el **Nivel 2**, la elección de los factores de emisión de C en suelos orgánicos recientemente convertidos en tierras agrícolas debería atenerse a los mismos procedimientos que los utilizados para obtener factores de emisión, tal como se ha indicado en la sección *Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas*.

CUADRO 3.3.9					
FACTORES DE VARIACIÓN RELATIVA DE LAS RESERVAS EN EL SUELO (F_{UT}, F_{RG}, F_{E}) PARA TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS					
Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen climático	Valor por defecto en las Directrices del IPCC	Error[#]	Definición
Uso de la tierra	Bosque o pradera nativa (no degradada)	Templado	1	NA	Representa bosques y praderas nativas, o gestionados de manera sostenible durante largos períodos y no degradados
		Tropical	1	NA	
Uso de la tierra	Cambio de cultivo: barbecho acortado	Tropical	0,64	$\pm 50\%$	Cambio de cultivo permanente, en que los bosques tropicales o las tierras forestales son desbrozados para plantar cultivos anuales durante períodos cortos (por ejemplo, 3-5 años) y posteriormente abandonados para que rebroten
	Cambio de cultivo: barbecho maduro	Tropical	0,8	$\pm 50\%$	
Uso de la tierra, gestión y aporte	Bosque gestionado	Véase la Ecuación 3.2.14 y el texto que la acompaña			
Uso de la tierra, gestión y aporte	Pradera gestionada	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.4.5			
Uso de la tierra, gestión y aporte	Tierra agrícola	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.3.4			
[#] Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media. NA significa "no aplicable" cuando los valores de los factores constituyen valores de referencia definidos.					

3.3.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

Suelos minerales y orgánicos

Como mínimo, los países deberían disponer de estimaciones de las superficies de tierra convertidas en tierras agrícolas durante el período de inventario. Si los datos sobre los usos y la gestión de la tierra son limitados, podrán utilizarse como punto de partida datos agregados, como las estadísticas de la FAO sobre las conversiones de tierras, además de los conocimientos de expertos del país sobre la distribución aproximada de los tipos de uso de las tierras (p. ej., tierras forestales y praderas, y sus tipos de suelos respectivos) que estén siendo convertidas, y de otros conocimientos sobre los tipos de prácticas empleadas en tierras agrícolas que se utilizan en tierras convertidas en tierras agrícolas. Puede realizarse una contabilización más detallada mediante un análisis de imágenes sobre las pautas de uso de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidas periódicamente por teledetección, mediante un muestreo periódico en el suelo sobre las pautas de uso de la tierra, y/o mediante sistemas de inventario híbridos. Las estimaciones de las conversiones de uso de la tierra para obtener tierras agrícolas deberían estratificarse con arreglo a los principales tipos de suelos, como se define en el Nivel 1, o estar basadas en estratificaciones específicas del país, si se emplean las metodologías del Nivel 2 ó 3. Para ello pueden utilizarse superposiciones con mapas de suelos adecuados y datos espacialmente explícitos sobre la ubicación de las tierras convertidas.

3.3.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Dado que la mayoría de las conversiones en tierras agrícolas implican una pérdida de reservas de carbono en el suelo, los datos más esenciales, a los efectos de reducir la incertidumbre total, consisten en una estimación exacta del área de tierra que se convierte en tierra agrícola. Debido a sus cuantiosas reservas de carbono en suelos nativos y a la posibilidad de arrojar grandes pérdidas, son especialmente importantes las conversiones en tierras agrícolas que se producen en suelos orgánicos, así como en suelos minerales de humedales y en suelos volcánicos. Para reducir la incertidumbre en la estimación de los factores de variación de las reservas y de

emisión en tierras recientemente (menos de 20 años) convertidas en tierras agrícolas, lo mejor sería vigilar directamente las reservas (y las emisiones) de C antes y después (durante varios años) de la conversión en tierras agrícolas, en una misma ubicación. Sin embargo, son más habituales los datos basados en estimaciones indirectas, denominadas cronosecuencias, que reflejan conversiones de la tierra en tierra agrícola en diferentes épocas del pasado y en diferentes lugares. Si se utilizan estimaciones basadas en cronosecuencias, la incertidumbre será más elevada que si se vigila directamente en el transcurso del tiempo. Al construir y evaluar cronosecuencias es importante seleccionar superficies que tengan el mayor parecido posible con la vegetación original, el tipo de suelo y la posición; es decir, de tal modo que la principal diferencia sea el tiempo transcurrido desde la conversión. Las estimaciones deberían estar basadas en más de una cronosecuencia. Para evaluar la incertidumbre total será necesario combinar incertidumbres asociadas a los factores de variación de las reservas y de emisión y a los datos de actividad para las superficies de tierra convertidas en tierras agrícolas.

3.3.2.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO₂

En la presente sección se examina el aumento de las emisiones de N₂O por efecto de la conversión de tierras forestales, praderas y otras tierras en tierras agrícolas. Tras la conversión de tierras forestales, praderas y otras tierras en tierras agrícolas cabe esperar un aumento de las emisiones de N₂O. Ello es consecuencia de la mayor mineralización (conversión a formas inorgánicas) de la materia orgánica del suelo (MOS) que se produce normalmente por efecto de tal conversión. La mineralización produce no sólo una pérdida neta de C del suelo y, por consiguiente, una emisión neta de CO₂ (Sección 3.3.2.2.1.2), sino también la correspondiente conversión del nitrógeno anteriormente presente en la MOS en amonio y nitratos. La actividad microbiana del suelo convierte en N₂O parte del amonio y de los nitratos presentes. Así, cabe esperar que un aumento de ese sustrato microbiano causado por una disminución neta de la MOS produzca un aumento de las emisiones netas de N₂O. La idea, en este caso, consiste en utilizar el mismo factor de emisión (FE₁) que para las emisiones directas en tierras agrícolas cultivadas durante largos períodos (véase la sección Agricultura, *OBP2000*), y responde a la misma lógica, a saber, que el N convertido en material inorgánico en el suelo por efecto de la mineralización tiene en todos los casos el mismo valor que un sustrato de los organismos que producen N₂O por nitrificación y desnitrificación, con independencia de cuál sea la fuente orgánica, tanto si ésta es materia orgánica del suelo en las conversiones en tierras agrícolas como si son raíces de plantas y residuos de cultivos procedentes del cultivo tras la cosecha, o estiércol orgánico añadido, como en el caso de las emisiones de N₂O examinadas en las *Directrices del IPCC*, Capítulo 4, Agricultura, y en *OBP2000*.

En la Sección 3.2.1.4 se ofrecen orientaciones para estimar las emisiones de gases de traza (N₂O, NO_x, CH₄ y CO) procedentes de la combustión de biomasa tanto en el lugar como fuera del lugar.

La tasa de oxidación del metano en suelos superiores aireados puede variar por efecto de la conversión en tierras agrícolas. En esta publicación, sin embargo, no se aborda la disminución de la oxidación, debido a la información limitada de que se dispone. En el futuro, a medida que se disponga de más datos, tal vez sea posible examinar con mayor detalle el impacto de diversas actividades sobre las tasas de oxidación del metano.

3.3.2.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

ÓXIDO NITROSO PROCEDENTE DE SUELOS MINERALES

3.3.2.3.1.1 Elección del método

Las emisiones totales de N₂O son equivalentes a la suma de todas las emisiones de N₂O procedentes de conversiones de uso de la tierra, tal como se indica en las Ecuaciones 3.3.13 y 3.3.14. Se trata de emisiones procedentes de la mineralización de la materia orgánica del suelo por efecto de la conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas, asentamientos u otras tierras.

ECUACIÓN 3.3.13
EMISIONES ANUALES TOTALES DE N₂O PROCEDENTES DE SUELOS MINERALES EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$N_2O-N_{conv} \text{ total} = \sum_i N_2O-N_{conv,i}$$

Donde:

$N_2O-N_{conv} \text{ total}$ = emisiones anuales totales de N₂O procedentes de suelos minerales en tierras convertidas en tierras agrícolas, en kg de N de N₂O año⁻¹

$N_2O-N_{conv,i}$ = emisiones de N₂O procedentes del tipo de conversión de la tierra *i*, en kg de N de N₂O año⁻¹

Emisiones procedentes de la fertilización: las emisiones de N₂O procedentes de la aplicación de nitrógeno en el uso de la tierra precedente (bosque gestionado o pradera) y en el nuevo uso de la tierra (tierras agrícolas) se calculan en otro apartado del inventario (*OBP2000*) y no deberían notificarse aquí, para evitar el doble cómputo.

ECUACIÓN 3.3.14
EMISIONES DE N₂O RESULTANTES DE LA ALTERACIÓN ASOCIADA A LA CONVERSIÓN DE TIERRAS FORESTALES, PRADERAS U OTRO TIPO DE TIERRAS EN TIERRAS AGRÍCOLAS

$$N_2O-N_{conv} = N_2O_{min-neta} \cdot N$$

$$N_2O_{min-neta} \cdot N = FE_1 \bullet N_{min-neta}$$

Donde:

N_2O-N_{conv} = emisiones de N₂O producidas por la alteración asociada a la conversión en tierras agrícolas de tierras forestales, praderas u otros tipos de tierras, en kg de N de N₂O año⁻¹

$N_2O_{min-neta} \cdot N$ = emisiones adicionales derivadas del cambio de uso de la tierra, en kg de N de N₂O año⁻¹

$N_{min-neta}$ = N liberado anualmente por mineralización neta de la materia orgánica del suelo por efecto de la alteración, en kg de N año⁻¹

FE_1 = factor de emisión por defecto del IPCC utilizado para calcular las emisiones procedentes de tierras agrícolas derivadas de la adición de N, tanto en forma de fertilizantes minerales como de estiércol o residuos de cultivos, en kg de N de N₂O/kg de N. (El valor por defecto es 0,0125 kg de N de N₂O/kg de N)

Nota: Multiplicar N_2O-N_{conv} por 44/28 y por 10⁻⁶ para obtener las emisiones de N₂O en Gg de N₂O año⁻¹

El N liberado por mineralización neta, $N_{min-neta}$, puede calcularse después de calcular el C mineralizado del suelo durante el mismo período (20 años). El método por defecto se basa en el supuesto de que la relación C:N en la materia orgánica del suelo es constante durante ese período, es decir:

ECUACIÓN 3.3.15
NITRÓGENO ANUAL LIBERADO POR MINERALIZACIÓN NETA DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO COMO CONSECUENCIA DE LA ALTERACIÓN (BASADO EN EL C MINERALIZADO DEL SUELO)

$$N_{min-neta} = \Delta C_{TTA_{Minerales}} \bullet 1 / \text{relación C:N}$$

Donde:

$N_{min-neta}$ = N anual liberado por mineralización neta de la materia orgánica del suelo por efecto de la alteración, en kg de N año⁻¹

$\Delta C_{TTA_{Minerales}}$ = valores obtenidos de la Ecuación 3.3.12 (véase también la Sección 3.3.2.2.1.1), aplicados a una superficie de tierra convertida en tierra agrícola (véase la Sección 3.3.2.2.1), en kg de C año⁻¹

relación C:N = relación másica entre el C y el N presentes en la materia orgánica del suelo (MOS), en kg de C (kg de N)⁻¹

Nivel 1: Utilizar valores por defecto y un desglose espacial mínimo con las Ecuaciones 3.3.13 y 3.3.14.

Nivel 2: Con las mediciones reales de las relaciones C:N localmente específicos en la MOS mejorarán los cálculos de las emisiones de N₂O tras la conversión.

Nivel 3: El Nivel 3 implica una manera más dinámica de simular las emisiones mediante modelos de procesos, basados en datos localmente específicos, y posiblemente espacialmente explícitos, teniendo presentes las características locales de la conversión de tierras en tierras agrícolas.

3.3.2.3.1.2 Elección del factor emisión

Se necesitan los factores siguientes:

- **FE₁:** Factor de emisión para el cálculo de las emisiones de N₂O procedentes del N del suelo. El valor total por defecto es 0,0125 kg de N de N₂O/kg de N, basado en el factor de emisión general por defecto utilizado para las emisiones de N₂O en el Capítulo 4 (Agricultura) de las *Directrices del IPCC*.
- **El C liberado** se calcula mediante la Ecuación 3.3.3.
- **Relación C:N:** La relación entre el C y el N presentes en la materia orgánica del suelo es, por defecto, 15. Este valor refleja el valor ligeramente mayor de la relación C:N encontrado en los suelos forestales o de pradera, en comparación con los suelos destinados principalmente al cultivo, en que las relaciones C:N suelen situarse entre 8 y 12.

En el recuadro siguiente se exponen diversas maneras de mejorar aún más las estimaciones de las emisiones, por analogía con el texto equivalente de *OBP2000*.

RECUADRO 3.3.1**BUENA PRÁCTICA PARA LA OBTENCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DEL PAÍS**

Si son aplicables los métodos de niveles superiores, proceden las consideraciones siguientes:

Una *buena práctica* conlleva la medición de las emisiones de N₂O por categorías de subfuente (por ejemplo, fertilizantes sintéticos (F_{SN}), estiércol de origen animal (F_{EA}), mineralización de residuos de cultivos (F_{RC}) y (en el actual contexto de conversión de tierras en tierras agrícolas), mineralización del N orgánico del suelo (F_{OS-min}).

Para que los factores de emisión de N₂O sean representativos de las condiciones medioambientales y de gestión en el país, las mediciones deberían efectuarse en las principales regiones de cultivo del país, en todas las estaciones y, si procede, en diferentes regiones geográficas y de suelos y para diferentes regímenes de gestión. Factores del suelo tales como la textura, el estado de drenaje, la temperatura o la humedad afectarán a los FE (Firestone y Davidson, 1989; Dobbie *et al.*, 1999).

Los modelos de simulación validados, calibrados y bien documentados pueden ser un instrumento útil para desarrollar factores de emisión de N₂O promediados por unidad de superficie basándose en datos de mediciones.

Con respecto al período y la frecuencia de medición, la medición de las emisiones de N₂O debería efectuarse a lo largo de un año (incluidos los períodos de barbecho) y, preferiblemente, durante una serie de años, a fin de reflejar las diferencias del estado del tiempo y de la variabilidad climática interanual. Las mediciones deberían ser frecuentes durante el período inicial tras la conversión de la tierra.

3.3.2.3.1.3 Elección de datos de actividad

S_{conv}: Es necesario conocer la superficie de tierra que se somete a conversión. En el Nivel 1, S_{conv} es un valor único, pero en el Nivel 2 se desglosa por tipos de conversión.

3.3.3 Exhaustividad

Una serie completa de estimaciones de superficies de tierra contiene, como mínimo, el área territorial del país considerada como tierra agrícola durante el período abarcado por los estudios sobre los usos de la tierra u otras fuentes de datos y cuyas emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero se estiman en el sector de UTCUTS. La superficie total abarcada por la metodología de inventario de las tierras agrícolas es la suma de las tierras que siguen siendo tierras agrícolas y de las tierras convertidas en tierras agrícolas durante ese período de tiempo. La metodología de inventario podría no incluir algunas áreas de tierra agrícola en que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero se consideran insignificantes o constantes a lo largo del tiempo, como las tierras agrícolas no boscosas en que no hay cambios de gestión ni de uso de la tierra. Por consiguiente, es posible que la superficie de cultivo total que se estima sea inferior a la superficie total de tierra agrícola del país. En tales casos, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen las diferencias entre la superficie de cultivo que figura en el inventario y la superficie total de cultivo del país. Se sugiere a los países que vigilen a lo largo del tiempo la superficie total de cultivo del país, y que mantengan unos registros transparentes de las partes utilizadas para estimar las emisiones y absorciones de dióxido de carbono. Como se ha señalado en el Capítulo 2, las comprobaciones de coherencia deberían abarcar todas las superficies de cultivo, incluidas las que no figuran en el inventario de emisiones, para ayudar a evitar su doble cómputo u omisión. Una vez sumada a las estimaciones de superficie con otros usos de la tierra, la serie de datos de superficie de cultivo permitirá una evaluación completa del acervo de tierras contenidas en el informe de inventario de un país, en el marco del sector de UTCUTS.

Los países que utilicen los métodos del Nivel 2 para los depósitos de biomasa y de suelo en tierras agrícolas deberían detallar más en sus inventarios la serie de datos de superficie de tierra agrícola. Así, por ejemplo, los países podrían necesitar estratificar la superficie de tierra agrícola por tipos de clima y de suelo principales, incluidas las áreas de tierra agrícola inventariadas y no inventariadas. Cuando en el inventario se utilicen áreas de tierra estratificadas, es una *buena práctica* que los países utilicen las mismas clasificaciones de área tanto para el depósito de la biomasa como para el de los suelos. Con ello, la coherencia y la transparencia estarán aseguradas, se podrá hacer un uso eficaz de los estudios de las tierras y de otros instrumentos para la recopilación de datos, y se podrá establecer un vínculo explícito entre las emisiones y las absorciones de dióxido de carbono en los depósitos de la biomasa y del suelo.

3.3.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Para mantener una serie temporal coherente, es una *buena práctica* que los países lleven registros de las áreas de cultivo utilizadas en los informes de inventario a lo largo del tiempo. Tales registros deberían seguir la

evolución de la superficie de cultivo total incluida en el inventario, subdividida en tierras que siguen siendo tierras agrícolas y tierras convertidas en tierras agrícolas. Se sugiere a los países que incorporen una estimación de la superficie de cultivo total del país. Para asegurarse de que las estimaciones de superficie son tratadas de manera coherente a lo largo del tiempo, las definiciones de uso de la tierra deberían ser claras e invariables. Si se introdujeran modificaciones en las definiciones de uso de la tierra, es una *buena práctica* mantener unos registros transparentes de las modificaciones introducidas. Deberían utilizarse también definiciones coherentes para cada uno de los tipos de tierra agrícola y sistemas de gestión incluidos en el inventario. Además, para facilitar una contabilización adecuada de las emisiones y absorciones de carbono durante varios periodos, podrá utilizarse información sobre el historial de conversiones de las tierras. Aun cuando un país no pueda utilizar datos históricos en sus inventarios actuales, una mejora de las prácticas de inventario actuales que permita seguir la evolución de las conversiones de tierra a lo largo del tiempo será beneficiosa para futuros inventarios.

3.3.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la Sección 3.3 pueden modificarse mediante los cuadros de notificación del Anexo 3A.2. Las estimaciones incluidas en la categoría de tierras agrícolas pueden compararse con las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC* como sigue:

- emisiones y absorciones de dióxido de carbono en la biomasa, en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas: Categoría de notificación 5A, Variaciones en la biomasa boscosa;
- emisiones y absorciones de dióxido de carbono en el suelo, en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas: Categoría de notificación 5D del IPCC, Variaciones del carbono del suelo, y
- emisiones y absorciones de dióxido de carbono por efecto de la conversión de tierras en tierras agrícolas: Categoría de notificación 5B del IPCC para los suelos, y Categoría de notificación 5E del IPCC para los gases distintos del CO₂.

Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para obtener estimaciones en los inventarios nacionales. Las fuentes de metadatos y de datos utilizadas para estimar factores específicos del país deberían estar documentadas, e ir acompañadas de los valores medios y varianzas de las estimaciones. Las bases de datos y procedimientos utilizados para procesar los datos (p. ej., los programas estadísticos) con objeto de estimar los factores específicos del país deberían archivers. Los datos de actividad y las definiciones utilizadas para clasificar o totalizar los datos de actividad deberán estar documentados y archivados. Los procedimientos utilizados para clasificar los datos de actividad por tipos de clima y de suelo (para el Nivel 1 y para el Nivel 2) deberán estar claramente documentados. En las metodologías del Nivel 3 que utilicen modelos, la versión del modelo y la identificación deberán estar documentadas. Para utilizar modelos dinámicos será necesario archivar permanentemente copias de todos los archivos de los datos de entrada del modelo, así como del código fuente del modelo y de los programas ejecutables.

3.3.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios

Es una *buena práctica* realizar comprobaciones de control de la calidad y someter a la revisión por expertos externos las estimaciones y datos de los inventarios. Debería prestarse especial atención a las estimaciones específicas del país de los factores de variación de las reservas y de emisión, a fin de que estén basados en datos de alta calidad y en la opinión verificable de expertos.

Según la metodología aplicada a las tierras agrícolas, las comprobaciones de GC/CC pueden consistir en:

Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas: las estimaciones de suelo en tierras agrícolas pueden estar basadas en datos de área que abarquen tanto los cultivos leñosos perennes como los cultivos anuales, mientras que las estimaciones de biomasa están basadas en datos de áreas para los cultivos leñosos perennes solamente. Por lo tanto, las estimaciones de superficie implícitas en las estimaciones de biomasa y de suelo en tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas pueden ser diferentes, ya que las estimaciones de biomasa están basadas en un área menor que las de suelo. Ése suele ser el caso, excepto en aquellos países en que las tierras agrícolas están constituidas íntegramente por cultivos leñosos perennes o en que la gestión y el uso de las tierras son constantes en los cultivos anuales.

Tierras convertidas en tierras agrícolas: para este tipo de tierras, los valores totalizados del área de tierra convertida en tierra agrícola deberían ser idénticos en las estimaciones de la biomasa y del suelo. Aunque los depósitos de la biomasa y del suelo pueden desglosarse en diferentes niveles de detalle, para desglosar los datos de área deberían utilizarse las mismas categorías generales.

En todas las estimaciones de la variación de las reservas de carbono en el suelo basadas en los Niveles 1 ó 2, la superficie total debería ser, para cada combinación de tipo de clima-suelo, idéntica para el comienzo (año_(0-T)) y para el final (año₍₀₎) del período de inventario (véase la Ecuación 3.3.4).

3.3.7 Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP para las emisiones/absorciones de C en suelos minerales, en tierras agrícolas (véase el Cuadro 3.3.4)

Los factores de gestión de las tierras agrícolas se han calculado para regímenes de labranza, de aporte, de barbecho, y de conversión de praderas en tierras forestales. El factor de conversión de uso de la tierra representa la pérdida de carbono resultante después de 20 años de cultivo continuo. Los factores de labranza representan el impacto del cambio de gestión al pasar de un sistema de labranza convencional en el que el suelo está completamente invertido a prácticas de conservación, en particular las de no labranza y de labranza reducida. La primera consiste en sembrar directamente sin labrar el suelo. La labranza reducida no llega a producir una inversión completa de los suelos y suele dejar más del 60% de la superficie del suelo cubierta de residuos, particularmente con los métodos de reja, labranza mínima y en crestas. Los factores de aporte representan el efecto resultante de modificar el aporte de carbono al suelo plantando más cultivos productivos, intensificando el cultivo o aplicando correcciones; los factores de aporte abarcan los sistemas de cultivo clasificados como correcciones de nivel bajo, medio, alto, y alto con estiércol. Los factores de aporte bajo representan cultivos de pocos residuos, rotaciones con barbecho, o sistemas de cultivo en que los residuos son quemados o retirados del campo. Los cultivos de nivel de aporte medio son cultivos de cereales en que los residuos son devueltos al campo, o rotaciones sometidas a correcciones orgánicas que de otro modo se considerarían aportes de nivel bajo por efecto de la absorción de residuos. Las rotaciones de alto nivel de aporte están asociadas a cultivos que producen residuos, a cultivos de cubierta vegetal, a barbechos con vegetación mejorados, o a años de cubierta herbácea, por ejemplo en forma de heno o de pasto en la rotación. Los factores de labranza y de aporte representan el efecto sobre las reservas de C después de transcurridos 20 años tras el cambio de gestión. Los factores de barbecho representan el efecto de un apartamiento temporal de las tierras agrícolas en términos de producción para poblarlas de hierba durante un período que puede superar los 20 años.

Los datos han sido sintetizados en modelos lineales de efectos mixtos que tenían en cuenta tanto los efectos fijos como los aleatorios. Los efectos fijos eran la profundidad, el número de años transcurridos desde el cambio de gestión, y el tipo de cambio de gestión (por ejemplo, labranza reducida frente a ausencia de labranza). Con respecto a la profundidad, los datos no han sido totalizados sino que incluían las reservas de C medidas para cada incremento de profundidad (por ejemplo, de 0 a 5 cm, de 5 a 10 cm, y de 10 a 30 cm) como un punto diferenciado del conjunto de datos. Del mismo modo, los datos de la serie temporal no han sido totalizados, aun cuando las mediciones se efectuaron en las mismas parcelas. Por consiguiente, se utilizaron efectos aleatorios para reflejar la interdependencia entre los datos de la serie temporal y la interdependencia entre los puntos de datos que representan diferentes profundidades para un mismo estudio. Los datos han sido convertidos a logaritmos naturales cuando no se cumplían los supuestos del modelo respecto de la normalidad y la homogeneidad de la varianza (en los cuadros se indican los valores recíprocos). Los factores representan el efecto de la práctica de gestión a los 20 años para los 30 cm superiores del suelo, con la excepción del factor de conversión de uso de la tierra, que representa en promedio la pérdida de carbono a los 20 años o más después del cultivo. Los usuarios de este método de contabilidad del carbono pueden aproximar la variación anual del almacenamiento de carbono dividiendo por 20 la estimación del inventario. Se ha calculado la varianza para cada uno de los factores, y puede utilizarse para construir funciones de distribución de probabilidad con una densidad normal.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7

- Agbenin, J.O., y J.T. Goladi. (1997). Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics under continuous cultivation as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizers in the savanna of northern Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**: págs.17 a 24.
- Ahl, C., R.G. Joergensen, E. Kandeler, B. Meyer, y V. Woehler. (1998). Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. *Soil and Tillage Research* **49**: págs. 93 a 104.
- Alvarez R., Russo M.E., Prystupa P., Scheiner J.D., Blotta L. (1998). Soil carbon pools under conventional and no-tillage systems in the Argentine Rolling Pampa. *Agronomy Journal* **90**: págs. 138 a 143.
- Angers, D.A., M.A. Bolinder, M.R. Carter, E.G. Gregorich, C.F. Drury, B.C. Liang, R.P. Voroney, R.R. Simard, R.G. Donald, R.P. Beyaert, y J. Martel. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. *Soil and Tillage Research* **41**: págs. 191 a 201.
- Angers, D.A., R.P. Voroney, and D. Cote. (1995). Dynamics of soil organic matter and corn residues affected by tillage practices. *Soil Science Society of America Journal* **59**: págs. 1311 a 1315.
- Baer, S.G., C.W. Rice, y J.M. Blair. (2000). Assessment of soil quality in fields with short and long term enrollment in the CRP. *Journal of Soil and Water Conservation* **55**: págs. 142 a 146.
- Balesdent, J., A. Mariotti, y D. Boisgontier. (1990). Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ¹³C abundance in maize fields. *Journal of Soil Science* **41**: págs. 587 a 596.
- Barber, R.G., M. Orellana, F. Navarro, O. Diaz, y M.A. Soruco. (1996). Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia. *Soil and Tillage Research* **38**: págs. 133 a 152.
- Bauer, A., y A.L. Black. (1981). Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. *Soil Science Society of America Journal* **45**: págs 166 a 1170.
- Bayer, C., J. Mielniczuk, T.J.C. Amado, L. Martin-Neto, y S.V. Fernandes. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* **54**: págs. 101 a 109.
- Bayer, C., J. Mielniczuk, L. Martin-Neto, y P.R. Ernani. (2002). Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil* **238**: págs 133 a 140.
- Beare MH, Hendrix PF, Coleman DC. (1994). Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal* **58**: págs. 777 a 786.
- Beyer, L. (1994). Effect of cultivation on physico-chemical, humus-chemical and biotic properties and fertility of two forest soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **48**: págs. 179 a 188.
- Black, A.L., y D.L. Tanaka. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. Pages 335-342 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Bordovsky, D.G., M. Choudhary, y C.J. Gerard. (1999). Effect of tillage, cropping, and residue management on soil properties in the Texas rolling plains. *Soil Science* **164**: págs. 331 a 340.
- Borin, M., C. Menini, y L. Sartori. (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil and Tillage Research* **40**: págs. 209 a 226.
- Borresen, T., y A. Njos. (1993). Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. 1. Soil properties. *Soil and Tillage Research* **28**: págs. 97 a 108.
- Bowman, R.A., y R.L. Anderson. (2002). Conservation Reserve Program: Effects on soil organic carbon and preservation when converting back to cropland in northeastern Colorado. *Journal of Soil and Water Conservation* **57**: págs. 121 a 126.
- Bremer, E., H.H. Janzen, y A.M. Johnston. (1994). Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. *Canadian Journal of Soil Science* **74**: págs. 131 a 138.
- Burke, I.C., W.K. Lauenroth, y D.P. Coffin. (1995). Soil organic matter recovery in semiarid grasslands: implications for the Conservation Reserve Program. *Ecological Applications* **5**: págs. 793 a 801.
- Buschiazzo, D.E., J.L. Panigatti, y P.W. Unger. (1998). Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil and Tillage Research* **49**: págs. 105 a 116.
- Buyanovsky, G.A., C.L. Kucera, y G.H. Wagner. (1987). Comparative analysis of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology* **68**: págs. 2023 a 2031.
- Buyanovsky, G.A., y G.H. Wagner. (1998). Carbon cycling in cultivated land and its global significance. *Global Change Biology* **4**: págs. 131 a 141.
- Cambardella, C.A., y E.T. Elliott. (1992). Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal* **56**: págs. 777 a 783.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

- Campbell CA, Zentner RP. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the semi-arid northern Great Plains of Canada. Pages 317-334 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Campbell, C.A., V.O. Biederbeck, G. Wen, R.P. Zentner, J. Schoenau, y D. Hahn. (1999). Seasonal trends in selected soil biochemical attributes: Effects of crop rotation in the semiarid prairie. *Canadian Journal of Soil Science* **79**: págs. 73 a 84.
- Campbell CA, Bowren KE, Schnitzer M, Zentner RP, Townley-Smith L (1991) Effect of crop rotations and fertilization on soil organic matter and some biochemical properties of a thick black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **71**: págs. 377 a 387.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles, y D. Curtin. (1996). Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **76**: págs. 395 a 401.
- Campbell CA, Lafond GP, Moulin AP, Townley-Smith L, Zentner RP. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the sub-humid northern Great Plains of Canada. Pages 297-315 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Campbell, C.A., V.O. Biederbeck, B.G. McConkey, D. Curtin, y R.P. Zentner. (1999). Soil quality - effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in southwestern Saskatchewan. *Soil Biology and Biochemistry* **31**: págs. 1 a 7.
- Campbell, C.A., R.P. Zentner, F. Selles, V.O. Biederbeck, B.G. McConkey, B. Blomert, y P.G. Jefferson. (2000). Quantifying short-term effects of crop rotations on soil organic carbon in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **80**: págs. 193 a 202.
- Carter, M.R., H.W. Johnston, y J. Kimpinski. (1988). Direct drilling and soil loosening for spring cereals on a fine sandy loam in Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research* **12**: págs. 365 a 384.
- Carter, M.R., J.B. Sanderson, J.A. Ivany, y R.P. White. (2002). Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada **67**: págs. 85 a 98.
- Carter, M.R.. (1991). Evaluation of shallow tillage for spring cereals on a fine sandy loam. 2. Soil physical, chemical and biological properties. *Soil and Tillage Research* **21**: págs. 37 a 52.
- Chan, K.Y, y J.A. Mead. (1988). Surface physical properties of a sandy loam soil under different tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* **26**: págs. 549 a 559.
- Chan K.Y., Roberts W.P., Heenan D.P. (1992). Organic carbon and associated soil properties of a red Earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* **30**: págs. 71 a 83.
- Chaney B.K., D.R.Hodson, M.A.Braim. (1985). The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long-term experiment on spring barley. *J. Agric. Sci., Camb.* **104**: págs. 125 a 133.
- Clapp, C.E., R.R. Allmaras, M.F. Layese, D.R. Linden, y R.H. Dowdy. (2000). Soil organic carbon and ¹³C abundance as related to tillage, crop residue, and nitrogen fertilization under continuous corn management in Minnesota. *Soil and Tillage Research* **55**: págs. 127 a 142.
- Collins, H.P., R.L. Blevins, L.G. Bundy, D.R. Christenson, W.A. Dick, D.R. Huggins, y E.A. Paul. (1999). Soil carbon dynamics in corn-based agroecosystems: results from carbon-13 natural abundance. *Soil Science Society of America Journal* **63**: págs. 584 a 591.
- Corazza E.J. *et al.* (1999). Behavior of different management systems as a source or sink of C-CO₂ in relation to cerrado type vegetation. *R.Bras Ci.Solo* **23**: págs. 425 a 432.
- Costantini, A., D. Cosentino, y A. Segat. (1996). Influence of tillage systems on biological properties of a Typic Argiudoll soil under continuous maize in central Argentina. *Soil and Tillage Research* **38**: págs. 265 a 271.
- Dalal, R.C., P.A. Henderson, y J.M. Glasby. (1991). Organic matter and microbial biomass in a vertisol after 20 año of zero tillage. *Soil biology and biochemistry* **23**: págs. 435 a 441.
- Dalal, R.C., y R.J. Mayer. (1986). Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. *Australian Journal of Soil Research* **24**: págs. 265 a 279.
- Dalal, R.C. (1989). Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a Vertisol. *Soil Science Society of America Journal* **53**: págs. 1511 a 1515.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

- Dick WA, Edwards WM, McCoy EL. (1997). Continuous application of no-tillage to Ohio soils: Changes in crop yields and organic matter-related soil properties. Págs. 171 a 182 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Dick, W.A., y J.T. Durkalski. (1997). No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a Typic Fragiuudalf soil of Northeastern Ohio. Págs. 59 a 71 *in* Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follett, y B.A. Stewart, editores. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press Inc. Boca Raton, FL.
- Doran, J.W., E.T. Elliott, y K. Paustian. (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil and Tillage Research* **49**: págs. 3 a 18.
- Duiker, S.W. y R. Lal. (1999). Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a luvisol in central Ohio. *Soil and Tillage Research* **52**: págs. 73 a 81.
- Edwards, J.H., C.W. Wood, D.L. Thurlow, y M.E. Ruf. (1992). Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal* **56**: págs. 1577 a 1582.
- Eghball B., L.N. Mielke, D.L. McCallister, y J.W. Doran. (1994). Distribution of organic carbon and inorganic nitrogen in a soil under various tillage and crop sequences. *Journal of Soil and Water Conservation* **49**: págs. 201 a 205.
- Fleige H., K. Baeumer. (1974). Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. *Agro-Ecosystems* **1**: págs. 19 a 29.
- Follett, R.F., E.A. Paul, S.W. Leavitt, A.D. Halvorson, D. Lyon, y G.A. Peterson. (1997). Carbon isotope ratios of Great Plains soils and in wheat-fallow systems. *Soil Science Society of America Journal* **61**: págs. 1068 a 1077.
- Follett, R.F., y G.A. Peterson. (1988). Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal* **52**: págs. 141 a 147.
- Follett, R.F., E.G. Pruessner, S.E. Samson-Liebig, J.M. Kimble, y S.W. Waltman. (2001). Carbon sequestration under the Conservation Reserve Program in the historic grassland soils of the United States of America. Págs 1 a 14 *in* Lal, R., y K. McSweeney, editores. *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. SSSA Special Publication. Madison, WI.
- Franzluebbers, A.J., y M.A. Arshad. (1996). Water-stable aggregation and organic matter in four soils under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science* **76**: págs. 387 a 393.
- Franzluebbers, A.J., G.W. Langdale, y H.H. Schomberg. (1999). Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage. *Soil Science Society of America Journal* **63**: págs. 349 a 355.
- Franzluebbers, A.J., F.M. Hons, y D.A. Zuberer. (1995). Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Science Society of America* **59**: págs. 460 a 466.
- Freixo, A.A., P. Machado, H.P. dos Santos, C.A. Silva, y F. Fadigas. (2002). Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* **64**: págs. 221 a 230.
- Freitas P.L., Blancaneaux P., Gavinelly E., Larre-Larrouy M.-C., Feller C. (2000). Nivel e natureza do estoque organico de latossols sob diferentes sistemas de uso e manejo, *Pesq.agropec.bras*. Brasilia **35**: págs. 157 a 170.
- Gebhart, D.L., H.B. Johnson, H.S. Mayeux, y H.W. Polley. (1994). The CRP increases soil organic carbon. *Journal of Soil and Water Conservation* **49**: págs. 488 a 492.
- Ghuman, B.S., y H.S. Sur. (2001). Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. *Soil and Tillage Research* **58**: págs. 1 a 10.
- Girma, T. (1998). Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **29**: págs. 587 a 598.
- Graham, M.H., R.J. Haynes, y J.H. Meyer. (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry* **34**: págs. 93 a 102.
- Grandy, A.S., G.A. Porter, y M.S. Erich. (2002). Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* **66**: págs. 1311 a 1319.
- Gregorich, E.G., B.H. Ellert, C.F. Drury, y B.C. Liang. (1996). Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. *Soil Science Society of America Journal* **60**: págs. 472 a 476.
- Halvorson AD, Vigil MF, Peterson GA, Elliott ET (1997) Long-term tillage and crop residue management study at Akron, Colorado. Págs. 361 a 370 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

- Halvorson, A.D., B.J. Wienhold, y A.L. Black. (2002). Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal* **66**: págs. 906 a 912.
- Hansmeyer, T.L., D.R. Linden, D.L. Allan, y D.R. Huggins. (1998). Determining carbon dynamics under no-till, ridge-till, chisel, and moldboard tillage systems within a corn and soybean cropping sequence. Págs. 93 a 97 in Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, y B.A. Stewart, editores. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Hao, X., C. Chang, y C.W. Lindwall. (2001). Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. *Soil and Tillage Research* **62**: págs. 167 a 169.
- Harden, J.W., J.M. Sharpe, W.J. Parton, D.S. Ojima, T.L. Fries, T.G. Huntington, y S.M. Dabney. (1999). Dynamic replacement and loss of soil carbon on eroding cropland. *Global Biogeochemical Cycles* **14**: págs. 885 a 901.
- Havlin, J.L., y D.E. Kissel. (1997). Management effects on soil organic carbon and nitrogen in the East-Central Great Plains of Kansas. Págs. 381 a 386 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, y C.V. Cole, editores. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Hendrix PF (1997) Long-term patterns of plant production and soil carbon dynamics in a Georgia piedmont agroecosystem. Págs. 235 a 245 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hernanz, J.L., R. Lopez, L. Navarrete, y V. Sanchez-Giron. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil and Tillage Research* **66**: págs. 129 a 141.
- Hulugalle, N.R. (2000). Carbon sequestration in irrigated vertisols under cotton-based farming systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **31**: págs. 645 a 654.
- Hussain, I., K.R. Olson, M.M. Wander, y D.L. Karlen. (1999). Adaption of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil and Tillage Research* **50**: págs. 237 a 249.
- Ihori, T., I.C. Burke, W.K. Lauenroth, y D.P. Coffin. (1995). Effects of cultivation and abandonment on soil organic matter in Northeastern Colorado. *Soil Science Society of America Journal* **59**: págs. 1112 a 1119.
- Janzen, H.H. (1987). Soil organic matter characteristics after long-term cropping to various spring wheat rotations. *Canadian Journal of Soil Science* **67**: págs. 845 a 856.
- Jastrow, J.D., R.M. Miller, y J. Lussenhop. (1998). Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biology and Biochemistry* **30**: págs. 905 a 916.
- Karlen, D.L., A. Kumar, R.S. Kanwar, C.A. Cambardella, y T.S. Colvin. (1998). Tillage system effects on 15-year carbon-based and simulated N budgets in a tile-drained Iowa field. *Soil and Tillage Research* **48**: págs. 155 a 165.
- Karlen, D.L., M.J. Rosek, J.C. Gardner, D.L. Allan, M.J. Alms, D.F. Bezdicsek, M. Flock, D.R. Huggins, B.S. Miller, y M.L. Staben. (1999). Conservation Reserve Program effects on soil quality indicators. *Journal of Soil and Water Conservation* **54**: págs. 439 a 444.
- Karlen, D.L., N.C. Wollenhaupt, D.C. Erbach, E.C. Berry, J.B. Swan, N.S. Eash, y J.L. Jordahl. (1994). Long-term tillage effects on soil quality. *Soil and Tillage Research* **32**: págs. 313 a 327.
- Kushwaha, C.P., S.K. Tripathi, y K.P. Singh. (2000). Variations in soil microbial biomass and n availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem. *Soil and tillage Research* **56**: págs. 153 a 166.
- Lal, R., A.A. Mahboubi, y N.R. Fausey. (1994). Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal* **58**: págs. 517 a 522.
- Lal, R. (1998). Soil quality changes under continuous cropping for seventeen seasons of an alfisol in western nigeria. *Land Degradation and Development* **9**: págs. 259 a 274.
- Larney, F.J., E. Bremer, H.H. Janzen, A.M. Johnston, y C.W. Lindwall. (1997). Changes in total, mineralizable and light fraction soil organic matter with cropping and tillage intensities in semiarid southern Alberta, Canada. *Soil and Tillage Research* **42**: págs. 229 a 240.
- Lilienfein J., Wilcke W., Vilela L., do Carmo Lima S., Thomas R., Zech W. (2000). Effect of no-tillage and conventional tillage systems on the chemical composition of soil solid phase and soil solution of brazilian savanna. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **163**: págs. 411 a 419.
- McCarty, G.W., N.N. Lyssenko, y J.L. Starr. (1998). Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal* **62**: págs. 1564 a 1571.
- Mielke, L.N., J.W. Doran, y K.A. Richards. (1986). Physical environment near the surface of plowed and no-tilled soils. *Soil and Tillage Research* **7**: págs. 355 a 366.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

- Mikhailova, E.A., R.B. Bryant, I.I. Vassenev, S.J. Schwager, y C.J. Post. (2000). Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chernozem. *Soil Science Society of America Journal* **64**: págs. 738 a 745.
- Mrabet R., N. Saber, A. El-brahli, S. Lahlou, F. Bessam. (2001). Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil & Tillage Research* **57**: págs. 225 a 235.
- Nyborg, M., E.D. Solberg, S.S. Malhi, y R.C. Izaurralde. (1995). Fertilizer N, crop residue, and tillage alter soil C and N content in a decade. Págs. 93 a 99 *in* Lal, R., J. Kimble, E. Levine, y B.A. Stewart, editores. *Advances in Soil Science: Soil Management and Greenhouse effect*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Parfitt, R.L., B.K.G. Theng, J.S. Whitton, y T.G. Shepherd. (1997). Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. *Geoderma* **75**: págs. 1 a 12.
- Paustian, K. y E.T. Elliott. Unpublished data. Field sampling of long-term experiments in U.S. and Canada for EPA carbon sequestration project.
- Pennock, D.J., y C. van Kessel. (1997). Effect of agriculture and of clear-cut forest harvest on landscape-scale soil organic carbon storage in Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **77**: págs. 211 a 218.
- Rhoton FE, Bruce RR, Buehring NW, Elkins GB, Langdale CW, Tyler DD. (1993). Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil and Tillage Research* **28**: págs. 51 a 61.
- Sherrod, L.A., G.A. Peterson, D.G. Westfall, y L.R. Ahuja. En prensa. Cropping intensification enhances soil organic carbon and nitrogen in a no-till agroecosystem. *Soil Science Society of America Journal*.
- Pierce, F.J. y M.-C. Fortin. (1997). Long-term tillage and periodic plowing of a no-tilled soil in Michigan: Impacts, yield, and soil organic matter. Págs. 141 a 149 *in*: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, y C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Potter, K.N., O.R. Jones, H.A. Torbert, y P.W. Unger. (1997). Crop rotation and tillage effects on organic carbon sequestration in the semiarid southern Great Plains. *Soil Science* **162**: págs. 140 a 147.
- Potter, K.N., H.A. Torbert, H.B. Johnson, y C.R. Tischler. (1999). Carbon storage after long-term grass establishment on degraded soils. *Soil Science* **164**: págs. 718 a 723.
- Powlson D.S. y D.S.Jenkinson. (1982). A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct-drilled soils, *J. Agric. Sci. Camb.* **97**: págs. 713 a 721.
- Rasmussen, P.E. y S.L. Albrecht. (1998). Crop management effects on organic carbon in semi-arid Pacific Northwest soils. Págs. 209 a 219 *in* Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, y B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Reeder, J.D., G.E. Schuman, y R.A. Bowman. (1998). Soil C and N changes on Conservation Reserve Program lands in the Central Great Plains. *Soil and Tillage Research* **47**: págs. 339 a 349.
- Robles, M.D., y I.C. Burke. (1997). Legume, grass, and conservation reserve program effects on soil organic matter recovery. *Ecological Applications* **7**: págs. 345 a 357.
- Ross, C.W., y K.A. Hughes. (1985). Maize/oats forage rotation under 3 cultivation systems, 1978-83 2. Soil properties. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **28**: págs. 209 a 219.
- Sa, J.C.M., C.C. Cerri, W.A. Dick, R. Lal, S.P.V. Filho, M.C. Piccolo, y B.E. Feigl. (2001). Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal* **65**: págs. 1486 a 1499.
- Saffigna, P.G., D.S. Powlson, P.C. Brookes, y G.A. Thomas. (1989). Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian vertisol. *Soil Biology and Biochemistry* **21**: págs. 759 a 765.
- Saggar, S., G.W. Yeates, y T.G. Shepherd. (2001). Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand. *Soil and Tillage Research* **58**: págs. 55 a 68.
- Sainju, U.M., B.P. Singh, y W.F. Whitehead. (2002). Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. *Soil and Tillage Research* **63**: págs. 167 a 179.
- Salinas-García, J.R., F.M. Hons, y J.E. Matocha. (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal* **61**: págs. 152 a 159.
- Schiffman, P.M., y W.C. Johnson. (1989). Phytomass and detrital carbon storage during forest regrowth in the southeastern United States Piedmont. *Canadian Journal of Forest Research* **19**: págs. 69 a 78.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.3.7 (CONTINUACIÓN)

- Sidhu, A.S., y H.S. Sur. (1993). Effect of incorporation of legume straw on soil properties and crop yield in a maize-wheat sequence. *Tropical Agriculture (Trinidad)* **70**: págs. 226 a 229.
- Six, J., E.T. Elliot, K. Paustian, y J.W. Doran. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* **62**: págs. 1367 a 1377.
- Six, J., K. Paustian, E.T. Elliott, y C. Combrink. (2000). Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society of America Journal* **64**: págs. 681 a 689.
- Slobodian, N., K. Van Rees, y D. Pennock. (2002). Cultivation-induced effects on belowground biomass and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal* **66**: págs. 924 a 930.
- Solomon, D., F. Fritzsche, J. Lehmann, M. Tekalign, y W. Zech. (2002). Soil organic matter dynamics in the subhumid agroecosystems of the Ethiopian Highlands: evidence from natural ¹³C abundance and particle-size fractionation. *Soil Science Society of America Journal* **66**: págs. 969 a 978.
- Sparling, G.P., L.A. Schipper, A.E. Hewitt, y B.P. Degens. (2000). Resistance to cropping pressure of two New Zealand soils with contrasting mineralogy. *Australian Journal of Soil Research* **38**: págs. 85 a 100.
- Stenberg, M., B. Stenberg, y T. Rydberg. (2000). Effects of reduced tillage and liming on microbial activity and soil properties in a weakly-structured soil. *Applied Soil Ecology* **14**: págs. 135 a 145.
- Taboada, M.A., F.G. Micucci, D.J. Cosentino, y R.S. Lavado. (1998). Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil and Tillage Research* **49**: págs. 57 a 63.
- Tiessen, H., J.W.B. Stewart, y J.R. Bettany. (1982). Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. *Agronomy Journal* **74**: págs. 831 a 835.
- Unger PW. (2001). Total carbon, aggregation, bulk density, and penetration resistance of cropland and nearby grassland soils. Págs. 77 a 92 *in*: R. Lal (ed.). *Soil carbon sequestration and the greenhouse effect*. SSSA Special Publication No. 57, Madison, WI.
- Voroney, R.P., J.A. Van Veen, y E.A. Paul. (1981). Organic C dynamics in grassland soils. 2. Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian Journal of Soil Science* **61**: págs. 211 a 224.
- Wander, M.M., M.G. Bidart, y S. Aref. (1998). Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three Illinois soils. *Soil Science Society of America Journal* **62**: págs. 1704 a 1711.
- Wanniarachchi SD, Voroney RP, Vyn TJ, Beyaert RP, MacKenzie AF. (1999). Tillage effects on the dynamics of total and corn-residue-derived soil organic matter in two southern Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science* **79**: págs. 473 a 480.
- Westerhof, R., L. Vilela, M. Azarza, y W. Zech. (1998). Land use effects on labile N extracted with permanganate and the nitrogen management index in the Cerrado region of Brazil. *Biology and Fertility of Soils* **27**: págs. 353 a 357.
- Yang, X.M., y B.D. Kay. (2001). Impacts of tillage practices on total, loose- and occluded-particulate, and humified organic carbon fractions in soils within a field in southern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science* **81**: págs. 149 a 156.
- Yang, X.M., y M.M. Wander. (1999). Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois. *Soil and Tillage Research* **52**: págs. 1 a 9.
- Zhang, H., M.L. Thompson, y J.A. Sandor. (1988). Compositional differences in organic matter among cultivated and uncultivated Arguidolls and Hapludalfs derived from loess. *Soil Science Society of America Journal* **52**: págs. 216 a 222.

3.4 PRADERAS

Tal como han sido definidas en el Capítulo 2, las praderas representan aproximadamente la cuarta parte de la superficie terrestre (Ojima *et al.*, 1993) y abarcan muy diversos tipos de clima, desde el árido hasta el húmedo. La gestión de las praderas puede ser muy diversa en cuanto a nivel e intensidad, y abarca desde las praderas y sabanas gestionadas extensivamente—donde las tasas de reproducción animal y los regímenes de incendio son las principales variables de gestión— hasta los pastos y henares continuos gestionados intensivamente (p. ej., mediante fertilización, regadío, o cambio de especies). En las praderas suele predominar la vegetación perenne, utilizada sobre todo para pastar, y se diferencian de los "bosques" por tener un dosel arbóreo inferior al umbral utilizado para la definición de bosque.

En las praderas predomina el carbono bajo el suelo, principalmente en las raíces y en la materia orgánica de los suelos. Para un régimen climático dado, las praderas suelen tener un contenido de carbono en el suelo mayor que otros tipos de vegetación. El pastoreo y los incendios son perturbaciones habituales con las que han evolucionado las praderas; por consiguiente, tanto el carbono de la vegetación como el de los suelos son relativamente resistentes a las alteraciones moderadas causadas por los regímenes de pastoreo y de incendio (Milchunas y Lauenroth, 1993). En muchas praderas, los incendios son un factor clave para evitar la invasión de especies leñosas que pueden afectar en gran medida al almacenamiento de carbono en los ecosistemas (Jackson *et al.*, 2002).

En las Directrices revisadas del IPCC de 1996 sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*Directrices del IPCC*) se examina la variación de las reservas de carbono en la biomasa y en el suelo para conversiones de uso de la tierra que conviertan praderas para otros usos (p. ej., cultivos), la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto de los cambios de gestión entre pastos mejorados y no mejorados, y las emisiones de CO₂ en humedales drenados por efecto del encalado de los pastos.

La presente publicación complementa las *Directrices del IPCC*:

- Adentrándose en las metodologías necesarias para tratar la variación de las reservas de C en los dos principales depósitos de las praderas: la biomasa viva, y los suelos;
- Incluyendo explícitamente los impactos de las alteraciones naturales y de los incendios de la vegetación en praderas gestionadas; y
- Examinando en todos sus detalles la estimación de la conversión de un uso de la tierra para transformar ésta en pradera.

En la presente sección se ofrecen orientaciones sobre la utilización de metodologías básicas y avanzadas para inventariar y notificar las emisiones y absorciones en praderas que siguen siendo praderas y en tierras convertidas en praderas, respecto de los depósitos de carbono en la biomasa y en el suelo. Se examinan también los métodos aplicables a las emisiones de gases distintos del CO₂. Las metodologías están estructuradas en niveles jerárquicos, de tal modo que los métodos del Nivel 1 utilizan valores por defecto, normalmente con un desglose limitado de los datos sobre áreas. En el Nivel 2 se utilizan coeficientes específicos del país y/o un desglose de las superficies a escala más fina, que reducirá la incertidumbre de las estimaciones de emisión/absorción. En los métodos del Nivel 3 se utilizan metodologías específicas del país más complejas. Cuando ha sido posible, los valores por defecto de las *Directrices del IPCC* se han actualizado, y se han ofrecido nuevos valores por defecto sobre la base de los resultados más recientes de las investigaciones.

3.4.1 Praderas que siguen siendo praderas

Las reservas de carbono en las praderas permanentes están influidas por las actividades humanas y las alteraciones naturales, en particular la recolección de biomasa boscosa, la degradación de los pastizales, el pastoreo, los incendios, la rehabilitación, la gestión de pastos, etc. La producción anual de biomasa en las praderas puede ser cuantiosa, pero debido a su rápida renovación y eliminación por efecto del pastoreo y de los incendios, las reservas en pie de biomasa sobre el suelo raramente exceden de algunas toneladas por hectárea. Pueden acumularse cantidades mayores en el componente boscoso de la vegetación, en la biomasa de las raíces y en los suelos. El grado de aumento o disminución de las reservas de carbono en cada uno de esos depósitos resultará afectado por prácticas de gestión como las descritas.

En la presente sección se ofrecen orientaciones para estimar la variación de las reservas de carbono en praderas que siguen siendo praderas (PP) para dos depósitos de carbono: biomasa viva, y suelos. En el momento actual no se dispone de información suficiente para desarrollar coeficientes por defecto que permitan estimar el depósito de materia orgánica muerta. La variación anual total de las reservas de carbono en praderas que siguen

siendo praderas será, por consiguiente, la suma de las estimaciones anuales de las variaciones de las reservas de carbono en cada depósito de carbono –biomasa viva y suelo–, como se indica en la Ecuación 3.4.1. Las técnicas de estimación para cada depósito se describen por separado más adelante.

ECUACIÓN 3.4.1
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP} = \Delta C_{PP_{BV}} + \Delta C_{PP_{Suelos}}$$

Donde:

ΔC_{PP} = variación anual de las reservas de carbono en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año⁻¹

$C_{PP_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PP_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año⁻¹

Para convertir toneladas de C en Gg de CO₂ se multiplicará el valor por 44/12 y por 10⁻³. Con respecto a la convención utilizada (signos), véase la Sección 3.1.7 o el Anexo 3AA.2 (Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

CUADRO 3.4.1 DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS			
Nivel Sub- Categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa viva	Se supone que no hay variación de las reservas de carbono	Utilizar valores específicos del país para las tasas de acumulación y absorción, y estudios anuales o periódicos para estimar las superficies de diferentes clases de praderas, por regiones climáticas.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición)
Suelos	Para las variaciones del carbono en suelos minerales, utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima y de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado, utilizar factores de emisión por defecto.	Para los suelos minerales y orgánicos utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición)

3.4.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

Aunque los métodos utilizados para estimar las variaciones de la biomasa son conceptualmente similares para las praderas, las tierras agrícolas y los bosques (descritos en detalle en la Sección 3.2.1.1), las praderas son singulares en varios sentidos. Las praderas están sometidas a frecuentes incendios de la vegetación que pueden influir en el espesamiento de la sabana¹, en la mortalidad y el rebrote, y en la relación raíz-vástago. Otras actividades de gestión, como el descuaje de árboles y de maleza, la mejora de los pastos, la plantación de árboles

¹ El término “espesamiento de la sabana” denota con carácter general un aumento de la densidad y de la biomasa de las especies boscosas en ecosistemas de pradera a lo largo del tiempo por efecto de los cambios de régimen de incendio y/o de pastoreo, y de los cambios de clima. Por ejemplo, en la región sur del centro de los Estados Unidos se estima que el espesamiento de la biomasa boscosa en las praderas ha incrementado las reservas de biomasa en unas 0,7 toneladas m.s. ha⁻¹ año⁻¹ durante un período de varios años (Pacala *et. al.* 2001).

(silvipastoreo), así como el pastoreo excesivo y la degradación, pueden influir en las reservas de biomasa. Para las especies leñosas de las sabanas (praderas con árboles), las relaciones alométricas difieren de las utilizadas para los bosques, debido al gran número de árboles de tronco múltiple, al elevado número de arbustos y de árboles huecos, a la elevada proporción de árboles muertos en pie, a las altas relaciones raíz-vástago, y a las talas regenerativas.

3.4.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La Ecuación 3.4.2 permite estimar sinópticamente la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas que siguen siendo praderas. Según el nivel que se utilice y la disponibilidad de datos, las praderas pueden desglosarse por tipos, regiones o zonas climáticas.

ECUACIÓN 3.4.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{BV}} = \sum_c \sum_i \sum_m \Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}}$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en praderas que siguen siendo praderas, sumada para todos los tipos de praderas i , zonas climáticas c y regímenes de gestión m , en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva para un tipo específico de pradera i , de zona climática c y de régimen de gestión m , en toneladas de C año⁻¹

El depósito de biomasa viva en praderas incluye las reservas de carbono sobre el suelo y bajo el suelo en la vegetación boscosa y herbácea (hierbas y herbazales). Sin embargo, las reservas de carbono en el componente herbáceo sobre el suelo suelen ser pequeñas y relativamente insensibles a la gestión; por ello, la biomasa de la hierba sobre el suelo se tiene en cuenta únicamente para estimar las emisiones de gases distintos del CO₂ por efecto de la quema. Las reservas de carbono en la biomasa de la hierba bajo el suelo son mayores y más sensibles a los cambios de gestión, por lo que se incluyen en las estimaciones de la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas.

3.4.1.1.1.1 Elección del método

Todos los países deberían tratar de mejorar sus metodologías de inventario y de notificación adoptando el nivel más alto posible en función de las circunstancias del país. Es una *buen práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en praderas que lo siguen siendo constituyen una categoría esencial, y cuando las subcategorías de biomasa viva se consideran significativas con arreglo a los principios expuestos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 como ayuda para la elección de un método.

Nivel 1: En las praderas en que las prácticas de gestión son estáticas, las reservas de carbono en la biomasa se encontrarán en un estado aproximadamente estacionario (es decir, la acumulación de carbono derivada del crecimiento vegetal queda aproximadamente compensada por las pérdidas debidas a la descomposición y a los incendios). En las praderas en que los cambios de gestión se producen a lo largo del tiempo (p. ej., por espesamiento de la sabana, por descuaje o tala de árboles/maleza para el pastoreo, por la gestión mejorada de los pastos o por otras prácticas), la variación de las reservas puede ser significativa. Sin embargo, no se dispone de información que permita derivar unas tasas por defecto aplicables en términos generales para la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas para esos regímenes de gestión. Por consiguiente, el supuesto del Nivel 1 es la permanencia de las reservas de carbono en la biomasa viva.

Nivel 2: En el Nivel 2, la variación de las reservas de carbono se estima para la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo en la vegetación boscosa perenne y para la biomasa bajo el suelo en la hierba, como se resume en la Ecuación 3.4.3.

ECUACIÓN 3.4.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}} = (\Delta B_{perenne} + \Delta B_{pasto}) \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{BV(c,i,m)}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva para un tipo de pradera específico i , para una zona climática c y para un régimen de gestión m , en toneladas de C año⁻¹

$\Delta B_{perenne}$ = variación de la biomasa boscosa perenne sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas m.s. año⁻¹

ΔB_{pasto} = variación de la biomasa subterránea de la hierba, en toneladas m.s. año⁻¹

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

Las variaciones de la biomasa viva (Ecuación 3.4.4) pueden estimarse utilizando: a) las tasas anuales de crecimiento y de pérdida (Ecuación 3.4.4), o b) el valor de las reservas de biomasa en dos momentos diferentes (Ecuación 3.4.5).

ECUACIÓN 3.4.4
VARIACIÓN ANUAL EN LA BIOMASA VIVA (METODOLOGÍA BASADA EN LAS TASAS)

$$\Delta B_i = S_i \bullet (C - P)$$

Donde:

ΔB_i = variación anual en la biomasa viva en praderas de tipo i , en toneladas m.s. año⁻¹

S_i = superficie de praderas del tipo i , en ha

C = crecimiento anual medio de la biomasa, en toneladas m.s. ha-1 año⁻¹

P = pérdida anual media de biomasa, en toneladas m.s. ha-1 año⁻¹

La metodología de las diferencias de biomasa (Ecuación 3.4.5) puede aplicarse cuando los datos sobre las reservas de biomasa se estiman a intervalos de tiempo regulares mediante ciertos tipos de sistemas de inventario nacional. Se calcula la diferencia entre las reservas de biomasa total en dos momentos diferentes. El valor resultante se divide por el número de años transcurridos entre las mediciones, con objeto de obtener una tasa anual de variación en las reservas de biomasa.

ECUACIÓN 3.4.5
VARIACIÓN ANUAL EN LA BIOMASA VIVA (METODOLOGÍA BASADA EN LAS DIFERENCIAS)

$$\Delta B = (B_{t_2} - B_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

Donde:

ΔB = variación anual en la biomasa viva, en toneladas m.s. año⁻¹

B_{t_2} = biomasa en el momento t_2 , en toneladas m.s.

B_{t_1} = biomasa en el momento t_1 , en toneladas m.s.

Los métodos del Nivel 2 se basan en estimaciones específicas del país o de la región de las reservas de biomasa para los principales tipos de praderas y de actividades de gestión, y en estimaciones de la variación de las reservas en función de la actividad de gestión principal (es decir, regímenes de pastoreo y de incendios, gestión de la productividad).

Cualquiera de los dos planteamientos expuestos puede utilizarse para estimar las variaciones de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo. En las praderas establecidas desde hace tiempo, las variaciones de la biomasa se producirán probablemente sólo en respuesta a cambios relativamente recientes (por ejemplo, en los últimos 20 años) de las prácticas de gestión. Por consiguiente, es una *buena práctica* asociar las estimaciones de la variación de la biomasa a determinadas condiciones de gestión, clasificadas si fuera posible por climas y por tipos de pradera. Por ejemplo, cuando se utilice la metodología basada en las tasas, las superficies de praderas semiáridas sometidas a pastoreo intensivo se multiplicará por unos coeficientes (C y P) específicos de las praderas áridas sometidas a pastoreo intensivo. Si se utiliza la metodología basada en las diferencias, las reservas de biomasa se medirán o se estimarán por separado para diferentes tipos de pradera sometidos a regímenes de gestión específicos. Una estratificación de los regímenes de gestión o de las condiciones de las praderas podría incluir categorías tales como: praderas nativas gestionadas extensivamente, praderas con espesura boscosa, praderas que experimentan degradación moderada y severa, praderas gestionadas intensivamente y mejoradas (véanse las condiciones de gestión definidas en la Sección 3.4.1.2, Variación de las reservas de carbono en el suelo).

Mientras que las Ecuaciones 3.4.4 y 3.4.5 pueden utilizarse para estimar directamente la variación de las reservas de biomasa bajo el suelo, las reservas de biomasa bajo el suelo suelen aproximarse mediante factores de expansión aplicados a las reservas de biomasa sobre el suelo. Tales factores de expansión son relaciones entre la biomasa bajo el suelo y sobre el suelo, conocidos también como relaciones raíz-vástago. Las relaciones pueden variar en función del tipo de pradera, de la región climática o de la actividad de gestión. La Ecuación 3.4.6

indica la manera de estimar las reservas totales de biomasa (sobre el suelo y bajo el suelo). Obsérvese que la biomasa sobre el suelo (B_{SS}) deberá estimarse en primer lugar para, seguidamente, aplicarla a la Ecuación 3.4.6. Para estimar la variación de las reservas de biomasa a lo largo del tiempo pueden utilizarse, en las Ecuaciones 3.4.5, las reservas totales de biomasa (B_{Total}), las reservas de biomasa bajo el suelo (B_{BS}), o las reservas de biomasa sobre el suelo (B_{SS}) de la Ecuación 3.4.6.

ECUACIÓN 3.4.6
BIOMASA TOTAL

$$B_{Total} = B_{SS} + B_{BS}$$

y

$$B_{BS} = B_{SS} \bullet R$$

Donde:

B_{Total} = biomasa total, incluida la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas m.s.

B_{SS} = biomasa sobre el suelo, en toneladas m.s.

B_{BS} = biomasa bajo el suelo, en toneladas m.s.

R = relación raíz-vástago, sin dimensiones

Nivel 3: En el Nivel 3 se utilizan sistemas de inventario basados en un muestreo estadístico de las reservas de carbono a lo largo del tiempo y/o en modelos de procesos, estratificados por climas, por tipos de pradera y por regímenes de gestión. Así, por ejemplo, para estimar la variación neta de las reservas de carbono en la biomasa de praderas a lo largo del tiempo pueden utilizarse modelos de crecimiento específicos de la especie y validados que incorporen efectos de la gestión, como la intensidad de pastoreo, los incendios o la fertilización, junto con los correspondientes datos sobre las actividades de gestión. Los modelos pueden utilizarse junto con estimaciones periódicas de las reservas, basadas en muestreos, similares a las utilizadas en los inventarios detallados de los bosques, para estimar la variación de las reservas del mismo modo que en la Ecuación 3.4.5, a fin de efectuar extrapolaciones espaciales en superficies de praderas.

3.4.1.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: En el Nivel 1 se supone por defecto que las reservas de biomasa no varían. Por consiguiente, no se proporcionan factores de emisión/absorción por defecto.

Nivel 2: Se dispone de ciertos datos como ayuda para realizar las estimaciones en el Nivel 2. Los factores necesarios para realizar una estimación en el Nivel 2 son: crecimiento (C) y pérdida (P) de biomasa, o reservas de biomasa en momentos diferentes (B_t , B_{t-1}), y factores de expansión respecto de la biomasa bajo el suelo.

La metodología basada en las tasas (Ecuación 3.4.4) conlleva la obtención de las tasas de pérdida (es decir, P en la Ecuación 3.4.4) para la biomasa boscosa (p. ej., pérdidas por recolección o por descuaje de arbustos) y para la biomasa bajo el suelo de las especies herbáceas (p. ej., por efecto de la degradación de los pastos), y de las tasas de crecimiento neto (p. ej., por espesamiento de la sabana o por mejoras en los pastos) de la biomasa boscosa y bajo el suelo (C en la Ecuación 3.4.4). Para desarrollar los coeficientes de crecimiento y pérdida de carbono a partir de los valores notificados de las reservas de carbono se necesitan estimaciones en al menos dos momentos diferentes. Se calcula seguidamente la variación de las reservas de carbono entre esos dos momentos, y la cantidad obtenida se divide por el número de años de dicho período, con objeto de obtener una tasa anual. Las tasas de variación deberían estimarse en respuesta a los cambios de determinadas actividades de gestión/uso de la tierra (p. ej., fertilización de pastos, descuaje de matorrales, espesamiento de la sabana). Los resultados de las investigaciones *in situ* se compararán con las estimaciones de crecimiento y pérdida de carbono obtenidas de otras fuentes, para verificar que se encuentran en los intervalos de valores documentados. Las tasas de crecimiento y pérdida de carbono notificadas podrán modificarse si se cuenta con datos adicionales y con la opinión de expertos, siempre y cuando en el informe del inventario se incluyan una justificación clara y una documentación. (Nota: Es importante que, al obtener la estimación de las tasas de acumulación de biomasa, se tenga presente que la variación neta de las reservas de biomasa se producirá principalmente en los primeros años (p. ej., 20 años) tras los cambios de gestión. Transcurrido ese tiempo, las reservas de biomasa tenderán a un nuevo nivel de estado estacionario, y habrá muy pocos cambios o ninguno de las reservas de biomasa a menos que vuelvan a cambiar las condiciones de gestión).

Para la Ecuación 3.4.5 son necesarios datos específicos de la región o del país sobre las reservas de biomasa a lo largo del tiempo. Los datos se pueden obtener mediante diversos métodos, y en particular estimando la densidad (cobertura de copas) de la vegetación boscosa a partir de fotos aéreas (o de imágenes satelitales de alta resolución) y de parcelas de medición sobre el terreno. La composición de especies, la densidad y la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo pueden variar ampliamente para diferentes tipos y condiciones de praderas; por ello, lo más eficaz podría ser estratificar las actividades de muestreo y de reconocimiento por tipos de praderas.

El Capítulo 5 contiene orientaciones generales sobre las técnicas de reconocimiento y muestreo para los inventarios de biomasa (Sección 5.3).

En el Cuadro 3.4.2 figuran estimaciones por defecto de las reservas de biomasa sobre el suelo y de la productividad anual sobre el suelo. Se trata de valores promediados a escala mundial por principales zonas climáticas, y no está previsto utilizarlos en las estimaciones de la variación de las reservas de biomasa en el Nivel 2, sino que pueden servir como valores por defecto para estimar las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema (véase la Sección 3.4.1.3), y para efectuar una comparación de primer orden con las estimaciones de reservas de biomasa obtenidas de los países.

CUADRO 3.4.2 ESTIMACIONES POR DEFECTO DE LA BIOMASA EN PIE EN PRADERAS (EN FORMA DE MATERIA SECA) Y DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA SOBRE EL SUELO, CLASIFICADAS POR ZONAS CLIMÁTICAS DEL IPCC						
Zona climática del IPCC	Biomasa viva sobre el suelo máxima (en toneladas m.s. ha ⁻¹)			Producción primaria neta sobre el suelo (PPNSS) (en toneladas m.s. ha ⁻¹ año ⁻¹)		
	Promedio	Nº de estudios	Error ¹	Promedio	Nº de estudios	Error ¹
Boreal – Seca y muy húmeda ²	1,7	3	± 75%	1,8	5	± 75%
Templada fría – Seca	1,7	10	± 75%	2,2	18	± 75%
Templada fría – Muy húmeda	2,4	6	± 75%	5,6	17	± 75%
Templada cálida – Seca	1,6	8	± 75%	2,4	21	± 75%
Templada cálida – Muy húmeda	2,7	5	± 75%	5,8	13	± 75%
Tropical – Seca	2,3	3	± 75%	3,8	13	± 75%
Tropical – Húmeda y muy húmeda	6,2	4	± 75%	8,2	10	± 75%

Los datos sobre la biomasa viva en pie han sido compilados a partir de promedios multianuales notificados en praderas registradas en la base de datos de productividad primaria neta (PPN) del DAAC del ORNL [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/npp_site.html]. Las estimaciones de la producción primaria sobre el suelo provienen de: Olson, R. J., J. M. O. Scurlock, S. D. Prince, D. L. Zheng, y K. R. Johnson (eds.). 2001. NPP Multi-Biome: NPP and Driver Data for Ecosystem Model-Data Intercomparison. Las fuentes están disponibles en línea en [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/EMDI_des.html].

¹ Representa una estimación nominal de error, equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

² Debido al escaso volumen de datos, se combinaron las zonas seca y húmeda para el régimen de temperatura boreal con las zonas húmeda y muy húmeda para el régimen de temperatura tropical.

La estimación de la biomasa bajo el suelo puede ser un componente importante de los estudios sobre la biomasa en praderas, pero las mediciones *in situ* son laboriosas y difíciles, por lo que frecuentemente se utilizan factores de expansión para estimar la biomasa bajo el suelo a partir de la biomasa sobre el suelo. Las adaptaciones a los incendios y al pastoreo han arrojado relaciones raíz-vástago más elevadas que en muchos otros ecosistemas; por ello, no es posible aplicar los factores de expansión de biomasa basados en los bosques sin modificarlos. Las relaciones raíz-vástago presentan una amplia gama de valores tanto a nivel de especie (p. ej., Anderson *et al.*, 1972) como de comunidad (p. ej., Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). Por ello, se recomienda utilizar, en la medida de lo posible, relaciones raíz-vástago obtenidas empíricamente, que sean específicas de una región o de un tipo de vegetación. En el Cuadro 3.4.3 se ofrecen relaciones raíz-vástago por defecto para los principales ecosistemas de praderas del mundo; tales datos pueden utilizarse como valores por defecto cuando los países no dispongan de información más específica a nivel regional para desarrollar relaciones específicas del país. Se incluyen también las relaciones correspondientes a los bosques/sabanas y a las tierras de arbustos para que los utilicen los países que incluyen esas tierras en la sección de praderas de sus inventarios.

Nivel 3: En las metodologías del Nivel 3 basadas, por ejemplo, en una combinación de modelos dinámicos y de mediciones de inventario de la variación de las reservas de biomasa, los factores de variación de las reservas o de emisión simples no se utilizan *per se*. Las estimaciones de las emisiones/absorciones mediante metodologías basadas en modelos se obtienen de la interacción de múltiples ecuaciones que permiten estimar la variación neta de las reservas de biomasa en los modelos. Para seleccionar el modelo apropiado, un criterio clave es que pueda representar todas las prácticas de gestión representadas en los datos de actividad. Es esencial validar el modelo mediante observaciones independientes efectuadas en terrenos específicos del país o de la región, que sean representativas de la variabilidad del clima, del suelo y de los sistemas de gestión de las praderas del país.

CUADRO 3.4.3 FACTORES DE EXPANSIÓN POR DEFECTO (RELACIONES RAÍZ-VÁSTAGO [R:V]) PARA LOS PRINCIPALES ECOSISTEMAS DE SABANA/PASTIZALES DEL MUNDO					
	Tipo de vegetación	Zona climática aproximada del IPCC ¹	Cociente R:V	N	Error ²
Pradera	Estepa/tundra/pradera	Boreal (seca y muy húmeda), muy húmeda templada fría, muy húmeda templada cálida	4,0	7	± 150%
	Pradera semiárida	Seca (templada fría, templada cálida y tropical)	2,8	9	± 95%
	Pradera subtropical/tropical	Tropical húmeda y muy húmeda	1,6	7	± 130%
Otros	Bosques/sabana		0,5	19	± 80%
	Tierra de arbustos		2,8	9	± 144%
¹ Los datos de la fuente están clasificados por tipos de biomasa de pradera, por lo que la correspondencia con las zonas climáticas del IPCC es aproximada.					
² Las estimaciones de error se indican como el doble de la desviación estándar, expresado como porcentaje de la media.					

3.4.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad de esta sección remiten a estimaciones de superficies de tierra (S_i) de praderas durante mucho tiempo (es decir, no convertidos recientemente a ese uso de la tierra). Además, los países tendrán que estimar la superficie quemada cada año para poder estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 . El Capítulo 2 contiene orientaciones generales sobre las metodologías que permiten obtener y clasificar las superficies por diferentes clases de uso de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente, los países tendrán que obtener estimaciones de superficie para las praderas, adecuadamente desglosadas para que se correspondan con los factores de emisión y otros parámetros disponibles. Dado que el Nivel 1 no presupone ninguna variación neta de la biomasa de las praderas por crecimiento y pérdida, no es necesario desarrollar datos de actividad en ese nivel, excepto para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 asociadas a la quema (Sección 3.4.1.3). Las orientaciones siguientes permiten obtener datos de actividad para los métodos de los Niveles 2 y 3.

Los estudios anuales o periódicos se utilizan, junto con las metodologías descritas en el Capítulo 2, para estimar la superficie de tierra anual media de praderas. Las estimaciones de superficie se subdividen después en regiones climáticas generales y en prácticas de gestión para que concuerden con los valores C y P. Para estimar la superficie de praderas pueden utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC*, u otras fuentes que permitan estimar ese valor. La superficie de praderas quemadas puede estimarse si se conoce en promedio la frecuencia de quema para diferentes tipos de pradera, o a partir de evaluaciones más exactas, como las que se sirven de la teledetección para inventariar superficies quemadas.

Para mejorar las estimaciones se utilizan estudios detallados anuales o periódicos a fin de estimar las superficies de praderas, estratificadas por tipos de pradera, por regiones climáticas y por regímenes de gestión. Cuando se disponga sólo parcialmente de datos específicos del país de resolución más fina, se sugiere a los países que extrapolen al conjunto de praderas registradas, utilizando supuestos razonables basados en la máxima información de que se disponga.

En el Nivel 3 es necesario desglosar los datos de actividad de alta resolución a escalas desde subnacional hasta de retícula fina. Al igual que en el Nivel 2, la superficie de tierra se clasifica en tipos de praderas específicos por climas principales y por categorías de gestión. Cuando sea posible, se utilizarán estimaciones de superficie espacialmente explícitas para facilitar una cobertura completa de las praderas y asegurarse de que no se sobreestiman ni se subestiman las superficies. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas pueden relacionarse con las correspondientes tasas de acumulación y absorción de carbono a nivel local, y con el impacto de la reposición de reservas y de la gestión, mejorando con ello la exactitud de las estimaciones.

3.4.1.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Dado que el Nivel 1 presupone una variación nula de la biomasa de las praderas, no tiene sentido desarrollar estimaciones de incertidumbre en esas metodologías. Las orientaciones siguientes permitirán desarrollar estimaciones de incertidumbre para los métodos de los Niveles 2 y 3.

Algunas fuentes de incertidumbre son: el grado de exactitud de las estimaciones de superficie de tierra (S_i), la fracción de superficie de tierra quemada ($f_{\text{quemada},i}$), el aumento y la pérdida de carbono (C y P), las reservas de carbono (B), y el factor de expansión (FE). Es una *buena práctica* calcular estimaciones de error (es decir, desviaciones estándar, error típico, o intervalos de error) para cada uno de esos términos definidos para el país, y utilizar dichas estimaciones para una evaluación de incertidumbre básica. Las estimaciones de incertidumbre por defecto proporcionadas en el Cuadro 3.4.3 pueden utilizarse para los factores de expansión de la biomasa.

Las metodologías del Nivel 2 pueden utilizar también datos de actividad de alta resolución, como estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de gestión de praderas en territorio nacional. Los datos de resolución más fina reducirán los niveles de incertidumbre cuando estén asociados a los factores de acumulación de carbono definidos para esos conjuntos de tierras a escala más fina.

Esta información puede utilizarse, con cierto grado de incertidumbre, en las estimaciones de superficie del Capítulo 2 para evaluar la incertidumbre de la estimación de las emisiones y absorciones de carbono en la biomasa de las praderas utilizando la metodología del Nivel 1 para un análisis de incertidumbre del Capítulo 5.2 (Identificación y cuantificación de la incertidumbre).

3.4.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3.4.1.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Las *Directrices del IPCC* proporcionan métodos para estimar las emisiones y absorciones de CO₂ en los suelos por efecto de los usos y la gestión de la tierra (Sección 5.3), que pueden aplicarse a todos los usos de la tierra, incluido el de pradera. La metodología tiene en cuenta la variación de las reservas de carbono orgánico (emisiones o absorciones de CO₂) para los suelos minerales, las emisiones de CO₂ procedentes de suelos orgánicos (es decir, suelos de turba o de detritus orgánicos) convertidos en pastos, y las emisiones de CO₂ procedentes del encalado del suelo de las praderas.

Con respecto a la variación de las reservas de carbono en suelos minerales, en las *Directrices del IPCC* se definen las reservas de carbono en el suelo como el carbono orgánico incorporado a los horizontes de suelo mineral hasta una profundidad de 30 cm, sin incluir el C de los residuos de superficie (es decir, la materia orgánica muerta) o las variaciones del carbono inorgánico (es decir, los minerales carbonatados). En la mayoría de los suelos de pradera, los residuos de superficie representan un volumen de reservas de carbono menor que el suelo.

La Ecuación sinóptica 3.4.7 permite estimar la variación de las reservas de carbono en los suelos:

<p>ECUACIÓN 3.4.7</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS</p> $\Delta C_{PP_{Suelos}} = \Delta C_{PP_{Minerales}} - \Delta C_{PP_{Orgánicos}} - \Delta C_{PP_{Encalado}}$
--

Donde:

$\Delta C_{PP_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PP_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en praderas que siguen siendo praderas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PP_{Orgánicos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos en praderas que siguen siendo praderas (estimadas como flujo anual neto), en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PP_{Encalado}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado de praderas, en toneladas de C año⁻¹

En los métodos de los Niveles 1 y 2, la variación de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta y de carbono inorgánico deberían suponerse nulas. Si se incluye la materia orgánica muerta en el Nivel 3, las mediciones deberían estar basadas en las cantidades más bajas presentes durante un ciclo anual para no incluir material vegetal recientemente envejecido que represente un depósito de materia orgánica transitorio. La selección del nivel más adecuado dependerá de: i) la disponibilidad y grado de detalle de los datos de actividad con respecto a la gestión de la tierra y a los cambios de gestión a lo largo del tiempo, ii) la disponibilidad de información adecuada para estimar las reservas y la variación de las reservas de C básicas y los factores de emisión, y iii) la disponibilidad de sistemas de inventario nacionales especialmente ideados para suelos.

Todos los países deberían tratar de mejorar sus métodos de inventario y de notificación escogiendo el nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias nacionales. Es una *buen práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 o del Nivel 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en praderas que siguen siendo praderas constituyan una categoría esencial, y cuando la subcategoría de materia orgánica en el suelo se considere significativa con arreglo a los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.1 como ayuda para la elección de método.

3.4.1.2.1.1 Elección del método

El método que se utiliza para estimar la variación de las reservas de carbono en suelos minerales es distinto del que se utiliza para los suelos orgánicos. Es también posible que los países utilicen niveles diferentes para

elaborar estimaciones de los distintos componentes de esta subcategoría, en función de los recursos disponibles. Así, los suelos minerales, los suelos orgánicos y las emisiones procedentes del encalado se examinan a continuación por separado.

Suelos minerales

Para los suelos minerales, el método de estimación se basa en la variación de las reservas de C en el suelo durante un período finito tras un cambio de gestión que influya en el C del suelo, como se indica en la Ecuación 3.4.8. El valor anterior de las reservas de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) y el valor en el año de inventario (COS_0) para una superficie de pradera del inventario se estiman a partir de las reservas de carbono de referencia (Cuadro 3.4.4) y de los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.4.5), aplicados a los momentos respectivos. En este contexto, un sistema de pradera se entiende como una combinación específica de clima, suelo y gestión. Las tasas anuales de emisión (fuentes) o absorción (sumideros) se calculan como la diferencia de las reservas (a lo largo del tiempo), dividida por el período de inventario. El período por defecto es 20 años.

ECUACIÓN 3.4.8

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES PARA UN SOLO SISTEMA DE PRADERA

$$\Delta C_{PP_{Minerales}} = [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S] / T$$

$$COS = COS_{REF} \bullet F_{UT} \bullet F_{RG} \bullet F_E$$

Donde:

- $\Delta C_{PP_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año⁻¹
- COS_0 = reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha⁻¹
- $COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha⁻¹
- T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)
- S = superficie de cada parcela, en ha
- COS_{REF} = reservas de carbono de referencia, en toneladas de C ha⁻¹; véase el Cuadro 3.4.4
- F_{UT} = factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.4.5
- F_{RG} = factor de variación de las reservas para un régimen de gestión, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.4.5
- F_E = factor de variación de las reservas para el aporte de materia orgánica, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.4.5

Los tipos de factores de uso de la tierra y de gestión proporcionados están definidos a grandes rasgos, y abarcan: 1) un factor de uso de la tierra (F_{UT}) que refleje los niveles de reservas de C en relación con los ecosistemas nativos; 2) un factor de gestión (F_{RG}) que represente categorías generales de praderas mejoradas y degradadas; y 3) un factor de aporte (F_E) que represente diferentes niveles de aporte de C al suelo, que se aplica sólo en praderas mejoradas. Si el área de tierra estaba destinada a otros usos (p. ej., tierra forestal, tierras agrícolas) al comienzo del período de inventario, se aplicarán las orientaciones indicadas en la Sección 3.4.2, Tierras convertidas en praderas.

El cálculo para determinar COS_0 y $COS_{(0-T)}$ y la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha de tierra se desarrolla en las etapas siguientes:

- Etapla 1:** Seleccionar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), basándose en el clima y en el tipo de suelo, para cada superficie de pradera que se someta a inventario.
- Etapla 2:** Seleccionar la forma de gestión de la pradera (F_{RG}) presente al comienzo del período de inventario (p. ej., hace 20 años) y el nivel de aporte de C (F_E). Estos factores, multiplicados por el valor de referencia de las reservas de C en el suelo, proporcionan la estimación del valor "inicial" de las reservas de C en el suelo ($COS_{(0-T)}$) para el período de inventario. Obsérvese que para las praderas que siguen siendo praderas, el factor de uso de la tierra (F_{UT}) es siempre igual a 1.
- Etapla 3:** Calcular COS_0 repitiendo la Etapa 2 y utilizando el mismo valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), y $F_{UT} = 1$, pero con unos factores de gestión y de aporte que representen las condiciones en el año de inventario (año actual).
- Etapla 4:** Calcular en promedio la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario ($\Delta C_{PP_{Minerales}}$)

Ejemplo: Para un suelo de tipo ultisol en un clima húmedo tropical, COS_{Ref} (0-30 cm) es igual a 47 toneladas de $C\ ha^{-1}$. En un régimen de gestión que produzca un pasto no mejorado, moderadamente sobrepastado, las reservas de carbono en el suelo al comienzo del período de inventario (el valor por defecto es igual a 20 años antes) será igual a $(COS_{Ref} \bullet F_{UT} \bullet F_{RG} \bullet F_E) = 47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 0,97 \bullet 1 = 45,6\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}$. El régimen de pastos mejorados con adición de fertilizantes ($F_{RG} = 1,17$) es el régimen de gestión en el año de inventario (año actual), y arroja una estimación de las reservas de carbono en el suelo igual a $47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 1,17 \bullet 1 = 55\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}$. Así, el promedio de la variación anual de las reservas de C en el suelo para esa superficie durante el período de inventario se calcula como sigue: $(55\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} - 45,6\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}) / 20\ años = 0,47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan valores de referencia por defecto de las reservas de carbono y factores de variación de las reservas (como se indica en la Ecuación 3.4.8) para los principales sistemas de praderas de un país, estratificados con arreglo a los tipos de suelo y de clima por defecto (Ecuación 3.4.9). Para la superficie total de praderas que siguen siendo praderas, la variación de las reservas puede calcularse o bien siguiendo la evolución de los cambios de gestión y calculando las variaciones de reservas en determinadas parcelas de tierra (Ecuación 3.4.9A), o bien calculando el valor global de las reservas de carbono en el suelo al comienzo y al final del período de inventario, a partir de datos más generales sobre la distribución superficial de los sistemas de praderas (Ecuación 3.4.9B). Los resultados globales serán los mismos en cualquiera de los dos métodos, que se diferencian principalmente en que para atribuir los efectos de determinados cambios de gestión son necesarios datos de actividad que sigan la evolución de los cambios de gestión en determinadas superficies de tierra. Los valores por defecto para este cálculo se describen en la Sección 3.4.1.2.1.2.

ECUACIÓN 3.4.9
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES EN LA TOTALIDAD DE PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{Minerales}} = \sum_c \sum_s \sum_i [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \bullet S]_{c,s,i} / T \quad A)$$

$$\Delta C_{PP_{Minerales}} = \sum_c \sum_s \sum_i (COS_0 \bullet S)_{c,s,i} - \sum_c \sum_s \sum_i (COS_{(0-T)} \bullet A)_{c,s,i} / T \quad B)$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de $C\ año^{-1}$

COS_0 = reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario, en toneladas de $C\ ha^{-1}$

$COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del inventario, en toneladas de $C\ ha^{-1}$

T = período de inventario, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de tierra de cada parcela, en ha

c representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de los principales tipos de praderas presentes en un país.

Ejemplo: El ejemplo siguiente ilustra el cálculo del valor total de las superficies en que varían las reservas de carbono en suelos de pradera, mediante la Ecuación 3.4.9B. En un clima húmedo tropical, con suelos de tipo ultisol, hay 1 Mha de praderas permanentes. El valor de referencia de las reservas de carbono nativo (COS_{Ref}) para ese clima/tipo de suelo es igual a 47 toneladas de $C\ ha^{-1}$. Al comienzo del período de cálculo del inventario (es decir, 20 años antes), la distribución de los sistemas de pradera representaba 500.000 ha de praderas nativas sin gestionar, 400.000 ha de tierras de pastoreo no mejoradas, moderadamente degradadas, y 100.000 ha de praderas muy degradadas. Así, el valor inicial de las reservas de carbono en el suelo para esa superficie era la siguiente: $500.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 1 \bullet 1) + 400.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 0,97 \bullet 1) + 100.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 0,7 \bullet 1) = 45,026\ millones\ de\ toneladas\ de\ C$. En el año de inventario (actual) hay: 300.000 ha de praderas nativas no gestionadas, 300.000 ha de tierras de pastoreo no mejoradas, moderadamente degradadas, 200.000 ha de pradera muy degradada, 100.000 ha de pastos mejorados que reciben fertilizantes, y 100.000 ha de pastos muy mejorados que reciben fertilizantes y riego. Así, las reservas totales de carbono en el suelo en el año de inventario son: $300.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 1 \bullet 1) + 300.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 0,97 \bullet 1) + 200.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 0,7 \bullet 1) + 100.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 1,17 \bullet 1) + 100.000\ ha \bullet (47\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 1,17 \bullet 1,11) = 45,960\ millones\ de\ toneladas\ de\ C$. El promedio de la variación anual de las reservas durante el período dado para la totalidad de la superficie es: $(45,960 - 45,026)\ millones\ de\ toneladas\ de\ carbono\ abreviado / 20\ años = 0,934\ millones\ de\ toneladas / 20\ años = 46,695\ toneladas\ por\ año\ de\ aumento\ de\ las\ reservas\ de\ C\ en\ el\ suelo$.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan las mismas ecuaciones básicas que en el Nivel 1, aunque con valores específicos del país para las reservas de carbono de referencia y/o los factores de variación de las reservas. Además, las metodologías del Nivel 2 conllevarán probablemente una estratificación más detallada de los sistemas de gestión si se dispone de datos suficientes.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3, basadas en una combinación de modelos dinámicos y de mediciones detalladas de inventario sobre la variación de las emisiones/reservas de C en el suelo, probablemente no utilizarán *per se* factores simples de variación de las reservas o de emisiones. La estimación de las emisiones mediante metodologías basadas en modelos se obtiene de la interacción de múltiples ecuaciones que estiman la variación neta de las reservas de C en el suelo en los modelos. Existen diversos modelos diseñados para simular la dinámica del carbono en los suelos (véanse, por ejemplo, las revisiones de McGill *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1997).

Para seleccionar un modelo apropiado, es un criterio clave que el modelo pueda representar todas las prácticas de gestión representadas y que los aportes al modelo (es decir, las variables determinantes) sean compatibles con la disponibilidad de datos de aporte para todo el país. Es esencial validar el modelo mediante observaciones independientes obtenidas en lugares específicos del país o de la región que sean representativos de la variabilidad del clima, del suelo y de los sistemas de gestión del país. Algunos ejemplos de conjuntos de datos de validación apropiados son los experimentos de larga duración en praderas (p. ej., Conant *et al.*, 2001) o las mediciones durante largos períodos del flujo de carbono en ecosistemas para los sistemas de pradera, utilizando técnicas tales como la covarianza de turbulencia (Baldocchi *et al.*, 2001). En términos ideales, un sistema de inventario de parcelas de praderas permanentes, estadísticamente representativas, que abarque las principales regiones climáticas, tipos de suelo, sistemas de gestión y cambios de sistema, se aplicaría en aquellos casos en que pudieran efectuarse mediciones repetidas de las reservas de carbono en el suelo a lo largo del tiempo. Las frecuencias de muestreo recomendadas en la mayoría de los casos no serán inferiores a entre 3 y 5 años (IPCC, 2000b). Cuando sea posible, se realizarán mediciones de las reservas de carbono en el suelo en términos de equivalente en masa (p. ej., Ellert *et al.*, 2001). Se aplicarán procedimientos que reduzcan al mínimo la influencia de la variabilidad espacial cuando el muestreo se repita a lo largo del tiempo (por ejemplo, Conant y Paustian, 2002a). Tales mediciones de inventario podrían integrarse con una metodología basada en modelos de procesos.

Suelos orgánicos

La metodología para estimar la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos utilizada para las praderas gestionadas consiste en asignar una tasa de pérdida anual de C por efecto del drenaje y de otras perturbaciones de la gestión al adaptar los suelos a praderas gestionadas². El drenaje y las prácticas de gestión de los pastos estimulan la oxidación de la materia orgánica previamente constituida en un entorno muy anóxico (aunque las tasas de emisión son menores que para las tierras agrícolas anuales cuando la labranza repetida estimula aún más la descomposición). La superficie de suelos orgánicos de pradera para cada tipo climático se multiplica por el factor de emisión para obtener una estimación de las emisiones de C anuales, como se indica en la Ecuación 3.4.10:

ECUACIÓN 3.4.10
EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS CULTIVADOS EN PRADERAS QUE SIGUEN SIENDO PRADERAS

$$\Delta C_{PP_{Orgánicos}} = \sum_c (S \bullet FE)_c$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Orgánicos}}$ = emisiones de CO₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados en praderas que siguen siendo, praderas en toneladas de C año⁻¹

S = superficie de suelos orgánicos para el tipo de clima *c*, en ha

FE = factor de emisión para el tipo de clima *c* (véase el Cuadro 3.4.6), en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

Nivel 1: En el Nivel 1, los factores de emisión por defecto (Cuadro 3.4.6) se utilizan junto con las estimaciones de superficie en suelos orgánicos gestionados como praderas, para cada región climática presente en el país (Ecuación 3.4.10). Pueden obtenerse estimaciones de superficie utilizando las orientaciones del Capítulo 2.

Nivel 2: El Nivel 2 está basado en la Ecuación 3.4.10, en que los factores de emisión se estiman a partir de datos específicos del país, estratificados por regiones climáticas, como se describe en la Sección 3.4.1.2.1.2. Las estimaciones de superficie se obtendrán con arreglo a las orientaciones del Capítulo 2.

² Las praderas naturales de tipo ‘humedal’ que pueden utilizarse para el pastoreo estacional pero que no han sido drenadas artificialmente no deberían incluirse en esta categoría.

Nivel 3: Las metodologías del Nivel 3 para los suelos orgánicos incluirán sistemas más detallados que integren modelos dinámicos y redes de mediciones, como se ha descrito anteriormente para los suelos minerales.

Encalado

En las *Directrices del IPCC* se examina la aplicación de carbonatos que contienen cal (p. ej., caliza cálcica (CaCO_3) o dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) a los suelos como fuente de emisiones de CO_2 . En algunas regiones húmedas se aplica periódicamente cal a los pastos gestionados intensivamente para reducir la acidez del suelo. Una explicación simplificada de este proceso es la siguiente: cuando la cal carbonatada se disuelve en el suelo, los cationes básicos (Ca^{++} , Mg^{++}) se intercambian con iones de hidrógeno (H^+) en los coloides del suelo (reduciendo con ello la acidez del suelo), y el bicarbonato formado (2HCO_3^-) puede reaccionar ulteriormente para producir CO_2 y agua (H_2O). Aunque el efecto del encalado suele durar unos cuantos años (después de lo cual se vuelve a añadir cal) en función del clima, del suelo y de las prácticas de gestión, las *Directrices del IPCC* contabilizan las emisiones como CO_2 proveniente de la totalidad del carbono agregado en forma de carbonatos en el año del encalado. Así, la metodología básica consiste simplemente en multiplicar la cantidad de cal aplicada por un factor de emisión que varía ligeramente en función de la composición del material que se añade.

ECUACIÓN 3.4.11

EMISIONES DE CARBONO ANUALES PROCEDENTES DEL ENCALADO CON FINES AGRÍCOLAS

$$\Delta C_{\text{PP}_{\text{Encalado}}} = M_{\text{Caliza}} \bullet FE_{\text{Caliza}} + M_{\text{Dolomita}} \bullet FE_{\text{Dolomita}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{PP}_{\text{Encalado}}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas, en toneladas de C año⁻¹

M = cantidad anual de caliza cálcica (CaCO_3) o de dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), en toneladas año⁻¹

FE = factor de emisión, en toneladas de C (toneladas de caliza o de dolomita)⁻¹ (equivalentes al contenido en carbono del carbonato de los materiales (12% para CaCO_3 , 12,2% para $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$))

Nivel 1: En el Nivel 1 puede utilizarse la cantidad total de cal carbonatada aplicada anualmente a los suelos de pradera, además de un factor de emisión general igual a 0,12 para estimar las emisiones de CO_2 , sin establecer diferencias entre las distintas composiciones del material de cal. Obsérvese que, mientras que las cales carbonatadas son el material más utilizado, los óxidos e hidróxidos de cal, que no contienen carbono inorgánico, se utilizan en cierta medida para el encalado agrícola, y no deberían incluirse aquí (se produce CO_2 al fabricarlos, pero no después de aplicarlos al suelo).

Nivel 2: Una metodología del Nivel 2 podría conllevar la diferenciación entre las diferentes formas de cal y unos factores de emisión específicos si se dispone de datos, ya que diferentes materiales de cal carbonatada (caliza u otras fuentes, como los depósitos de margas o de caparazones de moluscos) pueden variar ligeramente en cuanto a su contenido de carbono y a su pureza general.

Nivel 3: Una metodología del Nivel 3 puede proporcionar una contabilidad de las emisiones procedentes del encalado más detallada que los Niveles 1 y 2. En función del tipo de clima y de suelo, no todo el bicarbonato obtenido del encalado podría liberarse en forma de CO_2 en el suelo o en el agua de drenaje: una parte se puede lixiviar y precipitar a mayor profundidad del perfil del suelo, o ser transportada a aguas subterráneas profundas, lagos y océanos, y secuestrada. Si se dispone de datos y de conocimientos suficientes sobre la transformación del carbono orgánico para determinados tipos de clima-suelo, podrán obtenerse factores de emisión específicos. Sin embargo, este tipo de análisis obligaría probablemente a incluir los flujos de carbono asociados a los minerales carbonatados primario y secundario del suelo, así como su respuesta a las prácticas de gestión de las praderas.

3.4.1.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

En el Nivel 1 ó 2 se necesitarán los factores de emisión/absorción siguientes para los suelos minerales: el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}); el factor de variación de las reservas para los cambios de uso de la tierra (F_{UT}); el factor de variación de las reservas para un régimen de gestión (F_{RG}); y el factor de aporte de materia orgánica (F_{E}).

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Los suelos con vegetación nativa que no han resultado muy afectados por el uso y la gestión de la tierra se utilizan como elemento de referencia para las variaciones del carbono en el suelo por efecto de la gestión.

Nivel 1: En el Nivel 1 es una buena práctica utilizar el valor de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.4.4. Estos valores son actualizaciones de los indicados en las *Directrices del*

IPCC, con las mejoras siguientes: i) las estimaciones se han obtenido estadísticamente de compilaciones recientes de perfiles del suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de zonas boreal y templada en la clasificación BMR, y como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen como categoría independiente; iii) se incluyen los suelos de las regiones de clima boreal.

Nivel 2: En el Nivel 2, los valores de referencia de las reservas de C en el suelo pueden determinarse a partir de mediciones de los suelos, por ejemplo en el marco de los estudios de campo y de la cartografía del suelo del país. Algunas de sus ventajas son unos valores más representativos para el país, y la capacidad para estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden utilizarse en un análisis de incertidumbre formal. Deberían utilizarse normas aceptadas de muestreo y análisis del carbono orgánico en el suelo y de la densidad aparente.

Factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1 es una *buen práctica* utilizar los factores por defecto de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E) proporcionados en el Cuadro 3.4.5.

Esos valores se han actualizado con respecto a las *Directrices del IPCC*, basándose en un análisis estadístico de las investigaciones publicadas. Cuando existan datos suficientes, se calcularán por separado los valores para las praderas de las zonas templadas y tropicales. A todos las praderas (con la excepción de los suelos orgánicos) se les asigna un factor básico de uso de la tierra igual a 1. Se definen cuatro categorías de condiciones de gestión de las praderas (no mejoradas/no degradadas, moderadamente degradadas, severamente degradadas, y mejoradas; véanse las definiciones en el Cuadro 3.4.5). Las praderas mejoradas se definen como praderas gestionadas de manera sostenible (no degradadas) que reciben al menos un tipo de aporte externo (p. ej., especies mejoradas, fertilización o riego) para aumentar la productividad. Para las praderas mejoradas hay dos niveles de factor de aporte: "nominal" (que representa el caso básico ($F_E=1$), cuando no hay una mejora *adicional* de la gestión, aparte de la necesaria para clasificarla como praderas mejoradas), y "elevado", cuando se ha introducido al menos una mejora adicional (p. ej., fertilización más riego), que representa una gestión de praderas muy intensiva. Para la categoría de praderas moderadamente degradadas, los valores se obtuvieron de estudios que informaban de situaciones o tratamientos representativos de un pastoreo excesivo y/o de una degradación. Sin embargo, en muchos casos, particularmente en los trópicos, la degradación de los pastos está asociada a una pérdida de especies herbáceas más sabrosas y a su sustitución por especies de "malas hierbas" (frecuentemente, plantas leñosas). Aunque una situación así constituye una degradación a los efectos del pastoreo, los impactos negativos sobre el C del suelo pueden ser menos graves (como denota la escasa reducción de F_{UT} para las praderas moderadamente degradadas respecto de su estado nativo). En las *Directrices del IPCC* se especificaba solamente una categoría de pradera degradada con un valor muy inferior de F_{RG} (0,7), que conlleva una degradación grave y una cuantiosa pérdida de C en los suelos. No hay suficientes estudios publicados para reestimar el valor del factor para ese estado gravemente degradado, por lo que se ha conservado el valor anterior para representar tales estados.

Nivel 2: En las aplicaciones del Nivel 2, los valores del factor de variación de las reservas pueden estimarse mediante experimentos realizados durante largos períodos o mediante otras mediciones *in situ* (por ejemplo, cronosecuencias sobre el terreno) para una región o un país determinados. Algunas de sus ventajas son valores más exactos y representativos para el país en cuestión, y la posibilidad de estimar las funciones de distribución de probabilidad para los valores del factor que podrían utilizarse en un análisis de incertidumbre científico. Existen pocos experimentos de larga duración replicados que investiguen los impactos de la gestión de las praderas sobre las reservas de C en suelos, por lo que las incertidumbres asociadas a los factores de emisión son mayores para la gestión de praderas que para las tierras agrícolas permanentes. Numerosos estudios evalúan la diferencia de las reservas en parcelas emparejadas, por lo que es importante que las parcelas que se comparan tengan historias similares de uso/gestión de la tierra antes de la aplicación de los tratamientos de gestión experimental. Si se dispone de suficientes datos sobre la tasa de secuestro y la gestión de la tierra, pueden calcularse valores de los factores para determinadas prácticas de gestión de praderas (p. ej., fertilización, siembra de especies de hierba y de leguminosas mejoradas, gestión del pastoreo, etc.).

La información recopilada a partir de estudios publicados y de otras fuentes debería incluir las reservas de C (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad especificada), o bien toda la información necesaria para calcular las reservas de COS, es decir, el porcentaje de materia orgánica y la densidad aparente. Si se notifica el porcentaje de materia orgánica y no el porcentaje de carbono orgánico, podrá utilizarse un factor de conversión de 0,58 para el contenido de carbono de la materia orgánica del suelo. Otros datos que deberán incluirse en el análisis son el tipo de suelo (p. ej., la referencia taxonómica de suelos USDA o BMR), la profundidad de medición, y el período durante el que se expresa la diferencia de gestión. Los factores de variación de las reservas deberían abarcar una profundidad suficiente para incluir la influencia total de los cambios de gestión sobre las reservas de C en el suelo, y corregir los posibles cambios de densidad aparente (Ellert *et al.*, 2001). Es una *buen práctica* incluir una profundidad mínima de al menos 30 cm (es decir, la profundidad utilizada para los cálculos del Nivel 1); la variación de las reservas a profundidades superiores

puede ser conveniente si se dispone de un número suficiente de estudios, y si se evidencian diferencias estadísticamente significativas de las reservas por efecto de la gestión de la tierra a esas profundidades.

Suelos orgánicos

Con objeto de estimar las emisiones en suelos orgánicos modificados mediante drenaje artificial y otras prácticas para usarlos como praderas gestionadas, se necesita un factor de emisión (FE) para diferentes regímenes climáticos.

Nivel 1: En el Nivel 1, el Cuadro 3.4.6 contiene factores de emisión por defecto idénticos a los de las *Directrices del IPCC*. Se excluyen las praderas naturales de "humedal" utilizadas para el pastoreo estacional pero que no han sido artificialmente drenadas.

Nivel 2: Para el Nivel 2 existen escasos datos publicados sobre las emisiones en suelos orgánicos utilizados para praderas gestionadas; los estudios publicados suelen basar sus estimaciones en la subsidencia, con un número limitado de mediciones directas del flujo de CO₂ en suelos orgánicos de praderas (Ogle *et al.*, 2003). Algunos procesos que contribuyen a la subsidencia son la erosión, la compactación, la quema y la descomposición, de los cuales sólo este último debería incluirse en la estimación de los factores de emisión. Si se utilizan datos de subsidencia, deberían utilizarse factores de conversión regionales apropiados para determinar la proporción de subsidencia atribuible a la oxidación, basándose en estudios que midan tanto la subsidencia como el flujo de CO₂. A falta de esa información, se recomienda un factor por defecto de 0,5 para la relación oxidación-subsidencia en términos de equivalencia gramo por gramo, basándose en las revisiones de Armentano y Menges (1986). Si fuera posible, se recomienda utilizar mediciones directas de los flujos de carbono, ya que proporcionan el mejor medio para estimar las tasas de emisión en suelos orgánicos.

CUADRO 3.4.4 VALOR DE REFERENCIA POR DEFECTO (CON VEGETACIÓN NATIVA) DE LAS RESERVAS DE C ORGÁNICO EN EL SUELO (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm)						
Región	Suelos AAA ¹	Suelos ABA ²	Suelos arenosos ³	Suelos espódicos ⁴	Suelos volcánicos ⁵	Suelos de humedal ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20 [#]	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70 [#]	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130 [#]	

Nota: Los datos han sido obtenidos de bases de datos sobre el suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux *et al.* (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar, en forma de porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", ya que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

indica que no se disponía de datos y que se han conservado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*.

¹ Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcilla silicatada 2:1 (en la clasificación de la Base mundial de referencia para los recursos edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, y regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).

² Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación de la BMR, se incluyen los acrisoles, lxisoles, nitisoles, ferralsoles, y durisoles; en la clasificación del USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).

³ Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla, en base a análisis de textura tipificados (en la clasificación de la BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).

⁴ Suelos muy podzolizados (en la clasificación de la BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación del USDA, los espodosoles)

⁵ Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).

⁶ Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

CUADRO 3.4.5
FACTORES DE VARIACIÓN RELATIVA DE LAS RESERVAS PARA LA GESTIÓN DE LAS PRADERAS [VÉANSE EN LA SECCIÓN 3.4.7
LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE VARIACIÓN DE LAS RESERVAS]

Factor	Nivel	Régimen climático	Valores por defecto de las <i>Directrices del IPCC</i>	Valor revisado por defecto de OBP	Error ^{1,2}	Definición
Uso de la tierra (F _{UT})	Todos	Todos	1,0	1,0	NA	A todas las praderas permanentes se les asigna un factor de uso de la tierra igual a 1.
Gestión (F _{RG})	Gestionado nominalmente (no – degradado)	Todos	1,0	1,0	NA	Representa praderas no degradadas y gestionadas de manera sostenible, pero sin mejoras de gestión importantes.
Gestión (F _{RG})	Pradera moderadamente degradada	Templado/Boreal	NA	0,95	± 12%	Representa praderas sobrepastoreadas o moderadamente degradadas, con una productividad ligeramente reducida (en comparación con las praderas nativas o gestionadas nominalmente) y que no reciben aportes de gestión.
		Tropical	NA	0,97	± 10%	
Gestión (F _{RG})	Muy degradado	Todos	0,7	0,7	± 50%	Implica a largo plazo una importante pérdida de productividad y de cubierta vegetal, debido a un grave daño mecánico de la vegetación y/o a una erosión grave del suelo.
Gestión (F _{RG})	Pradera mejorada	Templado/Boreal	1,1	1,14	± 10%	Representa praderas gestionadas de manera sostenible con presión de pastoreo moderada y que son objeto de al menos una mejora (p. ej., fertilización, mejora de la especie, regadío).
		Tropical	1,1	1,17	± 10%	
Aporte (aplicado sólo a las praderas)	Nominal	Todos	NA	1,0	NA	Aplicable a las praderas mejoradas cuando no se han utilizado aportes de gestión adicionales.
Aporte (aplicado sólo a las praderas mejoradas) (F _E)	Alto	Templado/Boreal	NA	1,11	± 8%	Aplicable a las praderas mejoradas cuando se han utilizado uno o más aportes/mejoras de gestión adicionales (además de las necesarias para clasificarlas como praderas mejoradas).
		Tropical	NA	1,11	± 8%	

¹ ± dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje de la media; cuando no existan estudios suficientes para realizar un análisis estadístico se utilizarán valores por defecto, basados en el dictamen de expertos, de ±50%. NA significa "no aplicable" para los valores de factores que constituyen valores de referencia, o cuando los valores de los factores no han sido estimados previamente en las *Directrices del IPCC*.

² En esta escala de error no se incluye el error sistemático potencial debido a las muestras de pequeño tamaño que podrían no ser representativas del verdadero impacto para todas las regiones del mundo.

CUADRO 3.4.6
FACTORES DE EMISIÓN (FE) ANUALES PARA LOS SUELOS ORGÁNICOS EN PRADERAS GESTIONADAS

Régimen de temperatura climática	Valor por defecto de las <i>Directrices del IPCC</i> (en toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Error #
Templado, frío	0,25	± 90%
Templado cálido	2,5	± 90%
Tropical/subtropical	5,0	± 90%

#Representa una estimación nominal de error, equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

Encalado

Véase el texto de la Sección 3.4.1.2.1.1.

3.4.1.2.1.3 Elección de datos de actividad

Suelos minerales

Para estimar las emisiones/absorciones en suelos minerales se necesita conocer la superficie de pradera sometida a prácticas de gestión diferentes (S).

Para las praderas existentes, los datos de actividad deberían reflejar cambios o tendencias en las prácticas de gestión o en la utilización de las praderas que afecten al almacenamiento de carbono en el suelo por efecto de su impacto sobre la producción. Existen dos tipos principales de datos de actividad: i) estadísticas agregadas a nivel nacional o por zonas administrativas del país (p. ej., provincia, comarca, distrito), o ii) inventarios puntuales de uso y gestión de la tierra que conformen una muestra estadística de las tierras del país. La utilización de ambos tipos de datos de actividad se describe en el Capítulo 2, y la utilización de los métodos aquí indicados en los tres niveles descritos dependerá de la resolución espacial y temporal requerida. Para los inventarios de los Niveles 1 y 2, los datos de actividad tendrán que estar estratificados por grandes diferencias climáticas y por tipos de suelos, ya que los valores de referencia de las reservas de C en el suelo varían notablemente en función de esos factores. Para aplicar modelos dinámicos y/o un inventario basado en mediciones directas en el Nivel 3, se necesitan datos similares o más detallados sobre las combinaciones de climas, suelos, datos topográficos y de gestión, pero las necesidades exactas dependerán en parte del modelo que se utilice.

Ciertas estadísticas de uso de la tierra disponibles a nivel mundial, como las bases de datos de la FAO (http://www.fao.org/waicent/portal/glossary_en.asp), ofrecen recopilaciones anuales de superficies totales de tierra por principales tipos de uso de la tierra, sin aportar detalles adicionales sobre la gestión de las praderas, el clima o el suelo. Por ello, los datos de la FAO o los datos totales del país deberían ir acompañados de información adicional del país con objeto de estratificar las superficies por tipos de gestión, de clima y de suelo. Si no se hubiera recopilado todavía esa información, se podría empezar superponiendo los mapas disponibles de cubierta terrestre/uso de la tierra (de origen nacional, u obtenidos de conjuntos de datos mundiales como el Sistema de información y de datos (PIGB)) a mapas de suelos de origen nacional o de fuentes mundiales, como el Mapa de Suelos del Mundo de la FAO. Cuando sea posible, deberían delimitarse superficies de tierra asociadas a una gestión característica de las praderas, y asociarse a los valores apropiados de los factores de gestión generales (es decir, de tierras degradadas, nativas o mejoradas) o específicos (p. ej., fertilización, o intensidad de pastoreo). Los mapas de la degradación del suelo pueden ser una fuente útil de información para estratificar las praderas en términos de gestión (p. ej., Conant y Paustian, 2002b).

Los inventarios nacionales de uso de la tierra y de recursos, integrados por una colección de puntos de muestra permanentes en que los datos se obtienen a intervalos regulares, presentan ciertas ventajas sobre las estadísticas agregadas de pastoreo y de uso de la tierra. Los puntos de inventario pueden asociarse más fácilmente a un sistema dado de gestión de praderas, y el tipo de suelo asociado a su ubicación puede determinarse mediante muestreos, o referenciando dicha ubicación en un mapa de suelos apropiado. Los puntos de inventario seleccionados, basados en un planteamiento estadístico apropiado, permiten también estimar la variabilidad asociada a los datos de actividad, que puede integrarse en un análisis formal de incertidumbre. Los principios del muestreo aparecen descritos en el Capítulo 2; un inventario de recursos puntuales es, por ejemplo, el Inventario Nacional de Recursos de los Estados Unidos (Nusser y Goebel, 1997).

Suelos orgánicos

La superficie de suelos orgánicos cultivados por regímenes climáticos (S) es un dato necesario para estimar las emisiones en los suelos orgánicos. Para obtener las estimaciones de superficie pueden utilizarse bases de datos y metodologías similares a las descritas anteriormente. Superponiendo mapas de suelos que indiquen la distribución espacial de los histosoles (es decir, de los suelos orgánicos) a mapas de la cubierta vegetal que representan la superficie de praderas puede obtenerse información inicial sobre las superficies de suelo orgánico de las praderas. Para obtener una estimación más refinada de las correspondientes superficies de pradera gestionada con suelos orgánicos pueden utilizarse datos específicos del país sobre los proyectos de drenaje, además de mapas de suelos y de estudios de campo.

3.4.1.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Para realizar una evaluación de la incertidumbre es necesario estimar la incertidumbre de las tasas de emisión/absorción por unidad de superficie, así como la incertidumbre de los datos de actividad (es decir, las superficies de tierra que experimentan cambios de uso y de gestión de la tierra), así como su interacción.

Cuando ha sido posible, se han incluido en los cuadros estimaciones de la desviación estándar (y del tamaño de la muestra) de los valores por defecto mundiales revisados desarrollados en esta publicación; los cuadros pueden utilizarse con las correspondientes estimaciones de variabilidad de los datos de actividad con objeto de estimar la incertidumbre, utilizando las directrices del Capítulo 5. Los organismos encargados de los inventarios deberían tener presente que unos valores por defecto mundiales simples conllevan un nivel relativamente alto de incertidumbre cuando se aplican a determinados países. Además, dado que los estudios disponibles para obtener los valores por defecto mundiales no están distribuidos uniformemente entre regiones climáticas, tipos de suelo y sistemas de gestión, algunas superficies—particularmente en las regiones tropicales— están insuficientemente representadas. En los métodos del Nivel 2, pueden obtenerse funciones de densidad de probabilidad (es decir, que proporcionan estimaciones de media y de varianza) para los factores de variación de las reservas, para los

factores de emisión en suelos orgánicos y para los valores de referencia de las reservas de C en el marco del proceso de obtención de datos específicos de la región o del país. La incertidumbre respecto de las tasas de emisión y de absorción en el suelo puede reducirse realizando estudios de las influencias de la gestión sobre las reservas de carbono en el suelo para los principales tipos de pradera y regímenes de gestión. Cuando se utilicen datos de cronosecuencias, la incertidumbre en las estimaciones de la variación de las reservas de carbono puede ser relativamente alta, por lo que sería deseable utilizar la media de varios estudios "replicados" para obtener unos valores más representativos.

3.4.1.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO₂

Orientaciones sobre los gases distintos del CO₂ en las *Directrices del IPCC*

En las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000* (Capítulo 4, Agricultura) se examinan ya los tipos de emisión siguientes:

- Emisiones de N₂O procedentes de la aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos, residuos orgánicos y fijación de nitrógeno biológico en praderas gestionadas;
- Emisiones de N₂O, NO_x, CH₄ y CO procedentes de la quema de praderas (sábanas) en los trópicos; y
- Emisiones de CH₄ procedentes del ganado de pastoreo.

Es una *buena práctica* atenerse a la versión existente de las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) y de *OBP2000* a fin de estimar y notificar esos flujos en la sección *Agricultura*.

Otras fuentes adicionales de emisión y absorción no incluidas en las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) ni en *OBP2000* son las emisiones de N₂O procedentes de la mineralización del nitrógeno orgánico del suelo en praderas orgánicas drenadas³, la disminución de la absorción de CH₄ en suelos de praderas gestionadas, y las emisiones procedentes de quemaduras en praderas de zonas templadas. La insuficiencia de datos sobre las emisiones de N₂O procedentes de una mayor mineralización del nitrógeno orgánico en los suelos de praderas orgánicas y sobre la reducción de los sumideros de CH₄ en suelos de praderas por efecto de la gestión impiden por el momento recomendar metodologías específicas. En la mayoría de los casos representarán probablemente flujos menores y, a medida que se investigue y se obtenga información adicional, podría prestarse mayor atención a esas fuentes.

Con respecto a la quema de praderas fuera de los trópicos (y, por consiguiente, no incluidos en las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) y en *OBP2000*), los métodos de estimación de N₂O, NO_x, CH₄ y CO liberados por la quema de praderas están descritos en la Sección 3.2.1.4. En el Cuadro 3.4.2 pueden obtenerse estimaciones por defecto de la biomasa en pie, utilizadas para estimar la cantidad de combustible consumido. Obsérvese que la cantidad de biomasa que puede servir de combustible podría variar notablemente según la época del año y el régimen de pastoreo, por lo que se recomienda que las estimaciones de biomasa específicas del país se correspondan con el momento del año y el lugar en que se quemaran las praderas.

3.4.2 Tierras convertidas en praderas

En términos de carbono, las implicaciones de la conversión de tierras destinadas a otros usos (en su mayor parte tierras forestales, tierras agrícolas y, en menor grado, humedales y, raramente, asentamientos) en praderas son menos claras que para la conversión en tierras agrícolas. Los trabajos publicados sobre el tipo de conversión principal (de tierras forestales en praderas, en los trópicos) indican ganancias y pérdidas netas de carbono en los suelos, y el efecto de la gestión sobre las variaciones del carbono en los suelos de praderas después de la conversión es de importancia vital (véase, por ejemplo, Veldkamp, 2001). La conversión en praderas de tierras destinadas a otros usos y en estado natural pueden producir emisiones netas (o absorciones netas) de CO₂ en la biomasa y en el suelo. Las emisiones procedentes de la biomasa se examinan en la Sección 3.4.2.1, y las del suelo en la Sección 3.4.2.2. El método para calcular la variación de las reservas de carbono en la biomasa como consecuencia de la conversión de tierras en praderas se encuentra en la Sección 5.2.3 de las *Directrices del IPCC* (Conversión de bosques y de praderas).

³ Las emisiones procedentes de la fertilización y de la aplicación de estiércol en este tipo de praderas sí se incluyen en las *Directrices del IPCC* (Capítulo 4, Agricultura) y en *OBP2000*.

La finalidad de los métodos descritos en esta sección es tener en cuenta la variación de las reservas en la biomasa y en el suelo asociadas a la conversión del uso de la tierra y al establecimiento de una nueva pradera. Las variaciones posteriores de las reservas deberían estimarse con arreglo al apartado *Praderas que siguen siendo praderas*.

Se ofrece a continuación la ecuación resumida de la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en praderas (Ecuación 3.4.12). Se estiman las dos subcategorías de la categoría de *Tierras convertidas en praderas*: biomasa viva, y materia orgánica del suelo. En el Cuadro 3.4.7 se resumen los distintos niveles correspondientes a cada una de las subcategorías de carbono.

<p>ECUACIÓN 3.4.12</p> <p>VARIACIÓN TOTAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS</p> $\Delta C_{TP} = \Delta C_{TP_{BV}} + \Delta C_{TP_{Suelos}}$

Donde:

ΔC_{TP} = variación total de las reservas de carbono en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TP_{BV}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TP_{Suelos}}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año⁻¹

3.4.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA

3.4.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

En la presente sección se ofrecen orientaciones sobre *buenas prácticas* para calcular las emisiones y absorciones de CO₂ en la biomasa por efecto de la conversión en praderas de tierras previamente en estado natural o destinadas a otros usos, y en particular mediante deforestación y conversión de tierras agrícolas en pastos y en tierras de pastoreo. Las emisiones y absorciones de carbono en la biomasa por efecto de la conversión de las tierras en praderas son consecuencia de la eliminación de la vegetación existente y de su sustitución por otra. Este proceso puede originar aumentos o disminuciones de las reservas de carbono en la biomasa en función del tipo de conversión de uso de la tierra. Estos conceptos son diferentes de los asociados a la variación de las reservas de carbono en la biomasa de las praderas que siguen siendo praderas cuando los cambios están vinculados a las prácticas de gestión.

En términos genéricos, los métodos para cuantificar las emisiones y absorciones de carbono por efecto de la conversión en praderas de tierras destinadas a otros usos obligan a estimar las reservas de carbono antes y después de la conversión (dependiendo de si las tierras eran anteriormente bosques, cultivos o humedales), y a estimar las superficies de tierra convertidas durante el período en el que surte efecto la conversión. Como resultado de la conversión en praderas, se supondrá que la vegetación predominante ha desaparecido completamente, después de lo cual se planta algún tipo de hierba u otra especie vegetal establecida (p. ej., al establecer pastos). Una pradera podría ser también consecuencia del abandono de tierras anteriormente destinadas a otros usos (p. ej., cultivos). La vegetación que sustituye a la eliminada durante la conversión debería contabilizarse utilizando esta metodología junto con los métodos de la Sección 3.4.1.

3.4.2.1.1.1 Elección del método

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 se ajustan a lo indicado en las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3, Conversión de bosques y de praderas, en que la cantidad de carbono eliminada se estima multiplicando la superficie convertida anualmente por la diferencia entre el promedio de las reservas de carbono en la biomasa antes y después de la conversión, contabilizando de ese modo el carbono de la biomasa que sustituye a la vegetación eliminada. Es una *buen práctica* contabilizar íntegramente todas las conversiones de tierras en praderas. Así, en la presente sección se examina el método aplicable de modo que abarque cada uso de la tierra inicial, incluidos –aunque no exclusivamente– los bosques. Todos los países deberían tratar de mejorar sus métodos de inventario y de notificación escogiendo el nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias nacionales. Es una *buen práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 ó 3 cuando las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en praderas sean una categoría esencial y cuando la subcategoría de biomasa viva se considere significativa sobre la base de los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

En la Ecuación 3.4.13 se resumen los elementos principales de una aproximación de primer orden a la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión de tierras en praderas. Para cada tipo de conversión se estimará el valor medio de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie. El promedio de la variación de las reservas de carbono será igual a la variación de las reservas de carbono por efecto de la absorción de biomasa en el uso inicial de la tierra (es decir, el carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión menos el carbono de la biomasa antes de la conversión), más las reservas de carbono procedentes del crecimiento de la biomasa tras la conversión. Como se indica en las *Directrices del IPCC*, es necesario contabilizar toda la vegetación que sustituya a la eliminada durante la conversión de la tierra. En las *Directrices del IPCC* se reúnen en un solo término el carbono de la biomasa tras la conversión y el carbono de la biomasa que crece en la tierra después de la conversión. Utilizando este método, los valores mencionados se separarán en dos términos, $C_{\text{Después}}$ y $C_{\text{Crecimiento}}$, para mayor claridad. En el Nivel 1 se supone que las reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión ($C_{\text{Después}}$) son nulas, es decir, que la tierra ha quedado desprovista de toda vegetación antes de sembrar, plantar o regenerar por medios naturales las hierbas o la vegetación boscosa. El promedio de variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para una conversión de uso de la tierra se multiplicará por la superficie estimada de tierra que experimenta esa conversión en un año dado. En años posteriores, la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva de las praderas por efecto de los cambios de gestión se contabilizará con arreglo a la metodología de la Sección 3.4.1.1 (Variación de la biomasa en: Praderas que siguen siendo praderas).

CUADRO 3.4.7			
DESCRIPCIÓN POR NIVELES DE LAS SUBCATEGORÍAS DE TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS			
Nivel Sub- Categorías	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Biomasa viva	Utilizar coeficientes por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa por efecto de la conversión del uso de la tierra, y el carbono de la biomasa que sustituye a la vegetación eliminada.	Utilizar al menos algunos parámetros específicos del país respecto de las reservas de carbono para estimar la variación de las reservas de carbono en la conversión de tierras en praderas. Asignar el carbono asociado a la eliminación de biomasa a los procesos de quemado, descomposición y otros procesos de conversión importantes a nivel nacional. Estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO ₂ en la porción de biomasa quemada tanto en el lugar como fuera del lugar. Utilizar estimaciones de superficie desglosadas por zonas climáticas y otras divisiones de interés para el país de modo que coincidan con los parámetros sobre las reservas de carbono específicos del país.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición).
Reservas de carbono en el suelo	Para las variaciones del carbono en suelos minerales, utilizar coeficientes por defecto. Las superficies se estratifican en función de los tipos de clima y de suelo. Para las variaciones del carbono en suelos orgánicos utilizar coeficientes por defecto y estratificar las superficies por regiones climáticas. Para las emisiones procedentes del encalado, utilizar factores de emisión por defecto.	Para los suelos minerales y orgánicos utilizar una combinación de coeficientes y de estimaciones de superficie por defecto y/o específicos del país, con una resolución espacial cada vez más fina. Para las emisiones procedentes del encalado utilizar factores de emisión diferenciados por tipos de encalado.	Utilizar una metodología específica del país a escala espacial fina (p. ej., modelización, medición).

Las etapas básicas para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa durante la conversión de tierras en praderas son las siguientes:

1. Estimar la superficie media de tierra que experimenta una transición a pradera durante un año ($S_{\text{conversión}}$), por separado para cada uso de la tierra inicial (es decir, para tierras forestales, tierras agrícolas, etc.) y para cada tipo de pradera final.

2. Para cada tipo de transición de uso de la tierra en praderas, utilizar la Ecuación 3.4.13 para estimar la variación resultante de las reservas de carbono. Los datos por defecto de la Sección 3.4.2.1.1.2 para $C_{\text{Después}}$, C_{Antes} y $C_{\text{Crecimiento}}$ pueden utilizarse para estimar la variación total de las reservas por unidad de superficie para cada tipo de transición de uso de la tierra. Seguidamente, la estimación de la variación de las reservas por unidad de superficie podrá multiplicarse por las correspondientes estimaciones de superficie de la Etapa 1.
3. Estimar la variación total de las reservas de carbono asociada a todas las conversiones de tierras en praderas sumando las distintas estimaciones correspondientes a cada transición.

En el Nivel 1, el supuesto por defecto es que todo el carbono de la biomasa se pierde en la atmósfera mediante procesos de descomposición, tanto en el lugar como fuera de lugar. Por sí mismos, los cálculos del Nivel 1 no establecen diferencias entre las emisiones inmediatas procedentes de la quema y otras actividades de conversión.

ECUACIÓN 3.4.13

VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS

$$\Delta C_{\text{TP}_{\text{BV}}} = S_{\text{Conversión}} \bullet (T_{\text{Conversión}} + \Delta C_{\text{Crecimiento}})$$

$$T_{\text{Conversión}} = C_{\text{Después}} - C_{\text{Antes}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TP}_{\text{BV}}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año⁻¹

$S_{\text{Conversión}}$ = superficie anual de tierras convertidas en praderas a partir de un uso inicial, en ha año⁻¹

$T_{\text{Conversión}}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión cuando la tierra es convertida en pradera, en toneladas de C ha⁻¹

$\Delta C_{\text{Crecimiento}}$ = reservas de carbono resultantes de un año de crecimiento de la vegetación de la pradera tras la conversión, en toneladas de C ha⁻¹

$C_{\text{Después}}$ = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en pradera, en toneladas de C ha⁻¹

C_{Antes} = reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en pradera, en toneladas de C ha⁻¹

Las reservas de biomasa en las praderas recientemente establecidas tienden a nivelarse al cabo de unos años después de la conversión (p. ej., entre 1 y 2 años para la biomasa herbácea sobre el suelo, y entre 3 y 5 años para la biomasa bajo el suelo), en función del tipo de conversión de la tierra (por ejemplo, los pastos sembrados pueden arraigar rápidamente, mientras que la regeneración natural en tierras agrícolas abandonadas puede durar varios años), del clima y de las condiciones de gestión. En el Nivel 1, *Praderas que siguen siendo praderas*, el valor por defecto de la variación de las reservas de biomasa es 0, por lo que la variación de las reservas de carbono en la biomasa para las praderas establecidas tras la conversión se contabilizará en el año de la conversión.

Nivel 2: En el Nivel 2, los cálculos son estructuralmente similares a los del Nivel 1, con las siguientes diferencias. En primer lugar, el Nivel 2 se basa en al menos ciertas estimaciones específicas del país respecto de las reservas de carbono en los usos inicial y final, en lugar de los valores por defecto indicados en la Sección 3.4.2.1.1.2. Las estimaciones de superficie respecto de las tierras convertidas en praderas se desglosan a escalas espaciales más finas, para reflejar las variaciones regionales del valor de las reservas de carbono específico del país.

En segundo lugar, el Nivel 2 permite modificar el supuesto de que las reservas de carbono son nulas inmediatamente después de la conversión. Con ello, los países podrán tomar en cuenta las transiciones de uso de la tierra en que se elimina una parte, aunque no la totalidad, de la vegetación del uso original de la tierra. Además, el Nivel 2 permite contabilizar la acumulación de biomasa tras el establecimiento de la pradera durante un período de varios años (en lugar de contabilizar la variación total de las reservas de biomasa en el año de conversión) si se dispone de datos para estimar la fecha de establecimiento íntegro de la biomasa y las variaciones anuales de las reservas.

En tercer lugar, en el Nivel 2 es una *buen práctica* asignar pérdidas de carbono a los procesos de combustión y de descomposición, si fuera procedente. Las emisiones de dióxido de carbono se producen por efecto de la quema y de la descomposición en las conversiones de uso de la tierra. Además, la combustión produce emisiones de gases de traza distintos del CO₂. Distribuyendo las pérdidas entre la quema y la descomposición, los países pueden calcular las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ procedentes de las quemaduras. En el Libro de Trabajo de las *Directrices del IPCC* se ofrecen instrucciones paso a paso para estimar las absorciones

de carbono por quema y descomposición de la biomasa en el lugar y fuera de lugar, y para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ procedentes de las quemaduras (págs. 5.7-5.17). A continuación se ofrecen orientaciones para estimar las absorciones de carbono por quema y descomposición, y en la Sección 3.2.1.4 del presente capítulo se ofrecen orientaciones adicionales para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ procedentes de las quemaduras.

Las ecuaciones básicas para estimar la cantidad de carbono que se quema o se deja descomponer son las Ecuaciones 3.4.15 y 3.4.16, respectivamente. Esta metodología aborda la quema como medio para desbrozar la tierra. Las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema en praderas que siguen siendo praderas se examinan en la Sección 3.4.3. En las Ecuaciones 3.4.15 y 3.4.16, el supuesto por defecto es que sólo se quema o se descompone la biomasa sobre el suelo. Se sugiere a los países que utilicen información adicional para evaluar este supuesto, particularmente en lo que respecta a la descomposición de la biomasa bajo el suelo. La metodología básica puede modificarse para otras actividades de conversión, y en respuesta a las circunstancias del país. Ambas ecuaciones utilizan como dato de entrada la cantidad total de carbono en la biomasa eliminada durante el desbroce de la tierra ($\Delta C_{\text{conversión}}$) (Ecuación 3.4.14), equivalente a la superficie de tierra convertida ($S_{\text{conversión}}$) multiplicada por la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión ($T_{\text{conversión}}$) en la Ecuación 3.4.13).

La porción de biomasa boscosa eliminada se utiliza en ocasiones como productos de la madera. En el caso de los productos de madera, los países pueden utilizar el supuesto por defecto de que el carbono de los productos de madera se oxida en el año de la absorción. Alternativamente, los países pueden consultar en el Apéndice 3a.1 diversas técnicas de estimación del almacenamiento de carbono en productos de madera recolectada, que pueden ser contabilizados siempre y cuando el carbono del depósito del producto aumente.

ECUACIÓN 3.4.14
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO POR EFECTO DEL DESBROCE DE BIOMASA DURANTE LA CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{\text{conversión}} = S_{\text{conversión}} \bullet (T_{\text{conversión}})$$

Donde:

$\Delta C_{\text{conversión}}$ = variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$S_{\text{conversión}}$ = superficie de tierra convertida en pradera, en ha

$T_{\text{conversión}}$ = variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión, en toneladas de C ha⁻¹ (obtenida de la Ecuación 3.4.13)

ECUACIÓN 3.4.15
PÉRDIDAS DE CARBONO POR QUEMA DE BIOMASA, EN EL LUGAR Y FUERA DEL LUGAR

$$T_{\text{quemada en el lugar}} = \Delta C_{\text{conversión}} \bullet \rho_{\text{quemada en el lugar}} \bullet \rho_{\text{óxido}}$$

$$T_{\text{quemada fuera del lugar}} = \Delta C_{\text{conversión}} \bullet \rho_{\text{quemada fuera del lugar}} \bullet \rho_{\text{óxido}}$$

Donde:

T_{quemada} = pérdidas de carbono por efecto de la quema de biomasa, en toneladas de C

$\Delta C_{\text{conversión}}$ = variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{\text{quemada en el lugar}}$ = proporción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{\text{óxido}}$ = proporción de biomasa que se oxida al arder, sin dimensiones

$\rho_{\text{quemada fuera del lugar}}$ = proporción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

ECUACIÓN 3.4.16
PÉRDIDAS DE CARBONO POR DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA

$$P_{\text{descomposición}} = \Delta C_{\text{conversión}} \bullet \rho_{\text{descomposición}}$$

$$\rho_{\text{descomposición}} = 1 - (\rho_{\text{quemada en el lugar}} + \rho_{\text{quemada fuera del lugar}})$$

Donde:

$P_{\text{descomposición}}$ = pérdidas de carbono por descomposición de la biomasa, en toneladas de C

$\Delta C_{\text{conversión}}$ = variación de las reservas de carbono por efecto del desbroce de la biomasa en una conversión de uso de la tierra, en toneladas de C

$\rho_{\text{descomposición}}$ = proporción de biomasa abandonada en el lugar que se descompone, sin dimensiones

$\rho_{\text{quemada en el lugar}}$ = proporción de biomasa quemada en el lugar, sin dimensiones

$\rho_{\text{quemada fuera del lugar}}$ = proporción de biomasa quemada fuera de lugar, sin dimensiones

Es una *buen práctica* que los países utilicen los términos $P_{\text{quemada en el lugar}}$ y $P_{\text{quemada fuera del lugar}}$ como datos de entrada para estimar las emisiones de gases de traza distintos del CO₂ derivadas de la quema ateniéndose a las orientaciones de la Sección 3.2.1.4.

Nivel 3: El Nivel 3 es similar al Nivel 2, con las diferencias siguientes: en lugar de basarse en las tasas anuales medias de conversión, los países utilizan estimaciones directas de superficies desglosadas espacialmente y convertidas anualmente para cada uso de la tierra inicial y final; la variación de las reservas de carbono está basada en información específica de tipo local. Además, los países pueden utilizar modelos dinámicos, permitiendo con ello vincular espacial y temporalmente las estimaciones de la biomasa y de la variación de las reservas de carbono en el suelo.

3.4.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: En la primera etapa de esta metodología son necesarios los parámetros de las reservas de carbono antes de la conversión para cada uso inicial de la tierra (C_{Antes}) y tras la conversión ($C_{\text{Después}}$). Cuando se prepare un terreno para utilizarlo como pradera se supondrá que toda la biomasa ha sido eliminada, con lo cual el valor por defecto de ($\Delta C_{\text{Crecimiento}}$) será de 0 toneladas de C ha⁻¹. En el Cuadro 3.4.8 se ofrecen a los usuarios orientaciones para obtener el valor de las reservas de carbono C_{Antes} durante usos de la tierra previos al desbroce. En el Cuadro 3.4.9 se ofrecen valores por defecto de las reservas de carbono en praderas tras la conversión ($\Delta C_{\text{Crecimiento}}$). Estos valores están basados en los valores por defecto de las reservas de biomasa sobre el suelo (Cuadro 3.4.2) y en relaciones raíz-vástago (Cuadro 3.4.3) indicados en la Sección 3.4.1.1.2, Praderas que siguen siendo praderas, y son aplicables sólo a la biomasa herbácea (es decir, no leñosa).

CUADRO 3.4.8 VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO DE LA BIOMASA ABSORBIDAS POR EFECTO DE LA CONVERSIÓN DE TIERRAS EN PRADERAS		
Categoría de uso de la tierra	Reservas de carbono en la biomasa antes de la conversión (C_{Antes}) (en toneladas de C ha ⁻¹)	Escala de error ¹
Tierras forestales	Véanse en el Cuadro 3A.1.2 las reservas de carbono para diversos tipos de bosque, por regiones climáticas. Las reservas están expresadas en términos de materia seca. <i>Para convertir la materia seca en carbono, se multiplican los valores por una fracción de carbono (FC) igual a 0,5.</i>	
Tierras agrícolas: cultivos leñosos perennes	Véanse en el Cuadro 3.3.2 las reservas de carbono para diversas regiones climáticas y para tierras agrícolas boscosas perennes en términos genéricos. Utilizar el término de las reservas de carbono en la biomasa sobre el suelo en el momento de la recolección. Los valores están expresados en toneladas de C ha ⁻¹ .	± 75%
Tierras agrícolas: cultivos anuales	Utilizar el valor por defecto de las <i>Directrices del IPCC</i> , es decir, 5 toneladas de carbono ha ⁻¹ (o 10 toneladas de materia seca ha ⁻¹)	± 75%

¹ Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

Nivel 2: Los métodos del Nivel 2 deberían incluir varias estimaciones específicas del país respecto de las reservas y absorciones de biomasa por efecto de la conversión de la tierra, así como estimaciones de las pérdidas en el lugar y fuera de lugar por efecto de la quema y de la descomposición tras la conversión de las tierras en praderas. Estas mejoras pueden consistir en estudios sistemáticos del contenido y de las emisiones y absorciones de carbono en relación con los usos de la tierra y con las conversiones de uso de la tierra en el país, así como un reexamen de los supuestos por defecto atendiendo a las condiciones específicas del país.

Aunque se ofrecen parámetros por defecto para las emisiones procedentes de la quema y de la descomposición, se sugiere a los países que desarrollen coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. En las *Directrices del IPCC* se utiliza un valor por defecto general de 0,5 para la proporción de biomasa quemada en el lugar durante la conversión de los bosques. Diversos estudios de investigación sugieren que esa fracción es muy variable, y que podría tener un valor de tan sólo 0,2 (p. ej., Fearnside, 2000; Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). En el presente texto se ofrecen valores por defecto actualizados de la proporción de biomasa quemada en el lugar. El Cuadro 3A.1.12 contiene valores por defecto de la proporción de biomasa consumida por quema en el lugar, para diversos tipos de vegetación boscosa. Estos valores por defecto deberían utilizarse para las transiciones de bosques a praderas. Para los usos de la tierra iniciales no forestales, la proporción por defecto de biomasa dejada en el lugar y quemada es de 0,35. Este valor se ha obtenido teniendo en cuenta ciertas investigaciones que sugieren que esa fracción debería situarse entre 0,2 y 0,5 (Fearnside, 2000;

Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). Es una *buen práctica* que los países utilicen el valor 0,35, u otro valor situado en ese intervalo, siempre y cuando se documenten las razones para ello. No hay valores por defecto para la cantidad de biomasa llevada fuera de lugar y quemada; los países tendrán que desarrollar una proporción basándose en las fuentes de datos nacionales. En la Ecuación 3.4.15, el valor por defecto de la proporción de biomasa oxidada por efecto de la quema es 0,9, como se indicó originalmente en las *Directrices del IPCC*.

El método para estimar las emisiones procedentes de la descomposición se basa en el supuesto de que toda la biomasa se descompone en un periodo de diez años. A efectos de notificación, los países tienen dos posibilidades: notificar todas las emisiones causadas por la descomposición en un año, reconociendo que en realidad suceden durante un periodo de diez años, o notificar anualmente todas las emisiones procedentes de la descomposición, estimando esa tasa como la décima parte de los totales de la Ecuación 3.4.16. Si los países escogieran esta última opción, deberían agregar el factor multiplicativo 0,10 a la Ecuación 3.4.16.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deberían estar definidos por el país, y deberían utilizarse valores más exactos que los valores por defecto.

CUADRO 3.4.9		
VALORES POR DEFECTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA PRESENTES EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS		
Zona climática del IPCC	Biomasa no boscosa total (sobre el suelo y bajo el suelo) (en toneladas m.s. ha⁻¹)	Error ¹
Boreal – Seca y muy húmeda ²	8,5	± 75%
Templada fría – Seca	6,5	± 75%
Templada fría – Muy húmeda	13,6	± 75%
Templada cálida – Seca	6,1	± 75%
Templada cálida – Muy húmeda	13,5	± 75%
Tropical – Seca	8,7	± 75%
Tropical – Húmeda y muy húmeda	16,1	± 75%

¹ Representa una estimación nominal de error, equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

² Debido al escaso volumen de datos, se combinaron las zonas seca y húmeda para el régimen de temperatura boreal con las zonas húmeda y muy húmeda para el régimen de temperatura tropical.

3.4.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles es necesario estimar las superficies de tierra convertidas en praderas. Esos mismos datos deberían utilizarse para calcular la biomasa y las estimaciones del suelo descritas en la Sección 3.4.2.2. En caso necesario, los datos de superficie utilizados en los análisis de suelos pueden agregarse para coincidir con la escala espacial necesaria para las estimaciones de orden inferior de la biomasa; sin embargo, en niveles superiores, la estratificación debería reflejar los principales tipos de suelos. Los datos sobre superficies deberían obtenerse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 2. En niveles superiores será necesario un mayor grado de detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios concuerden con las *Directrices del IPCC* es que sea posible identificar por separado las superficies que se convierten en bosques. La razón es que los bosques tendrán por lo general mayor densidad de carbono antes de la conversión. Ello implica un conocimiento al menos parcial de la matriz de cambios de uso de la tierra y, por consiguiente, cuando se utilizan los procedimientos 1 y 2 del Capítulo 2, podrían ser necesarios reconocimientos topográficos suplementarios para identificar la proporción de tierras convertidas en praderas que anteriormente eran bosques. Como se ha indicado en el Capítulo 2, cuando se realicen los estudios se obtendrá a menudo un mayor grado de exactitud que si se intentan determinar directamente las superficies objeto de conversión en lugar de estimarlas a partir de las diferencias de superficie total de tierra para determinados usos y en diferentes momentos.

Nivel 1: En este nivel es necesario cierto tipo de datos de actividad: la estimación de las superficies convertidas en praderas a partir del uso inicial de la tierra (es decir, tierras forestales, tierras agrícolas, asentamientos, etc.) para obtener el tipo de pradera final ($S_{\text{conversión}}$). Esta metodología se basa en el supuesto de que las estimaciones de superficie corresponden a un periodo de un año. Si las estimaciones de superficie se evalúan para periodos más largos, habría que convertirlas en superficies anuales medias para coincidir con los valores por defecto de las reservas de carbono indicados. Si los países no dispusieran de esos datos, sería posible extrapolar a partir de muestras parciales a la totalidad de las tierras, o extrapolar en el tiempo estimaciones históricas de las conversiones basándose en el criterio de expertos nacionales. Como mínimo, los países podrán basarse en las

tasas de deforestación medias y en datos sobre la conversión de tierras en praderas obtenidos de fuentes internacionales, y en particular de la FAO. En el Nivel 1 podrán utilizarse las tasas anuales medias de conversión y las superficies estimadas en lugar de las estimaciones directas.

Nivel 2: Los países deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie reales para todas las transiciones posibles desde un uso inicial de la tierra hasta el tipo de pradera final. Para una notificación completa pueden utilizarse análisis de imágenes de las pautas de uso de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidas periódicamente por teledetección y/o un muestreo periódico efectuado en tierra, o bien sistemas de inventario híbridos.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en una contabilidad total de todas las transiciones de tierras en praderas, y deberían desglosarse para reflejar las diferentes condiciones del país. El desglose puede efectuarse atendiendo a criterios políticos (comarca, provincia, etc.), al bioma, al clima, o a una combinación de estos parámetros. En muchos casos, es posible que los países dispongan de información sobre las tendencias multianuales de conversión de tierras (a partir de inventarios de los usos de la tierra y de las cubiertas terrestres basados en muestreos periódicos o en teledetección).

3.4.2.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En este método, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de tasas de conversión medias mundiales o nacionales y de estimaciones de las superficies de tierra convertidas en praderas. Además, la utilización de parámetros por defecto de las reservas de carbono en las condiciones iniciales y finales contribuye a unos niveles de incertidumbre relativamente altos. En este método, los valores por defecto conllevan los correspondientes intervalos de error, cuyos valores figuran en los cuadros de valores por defecto.

Nivel 2: Utilizando estimaciones de superficies reales en lugar de tasas medias de conversión se mejorará la exactitud de las estimaciones. Además, si se vigila la evolución de cada área de tierra para todas las posibles transiciones de uso de la tierra se podrá obtener una contabilidad más transparente, y los expertos podrán identificar lagunas de datos y superficies de tierra contabilizadas más de una vez. Por último, el Nivel 2 utiliza al menos algunos valores por defecto definidos por el país, con lo cual mejora la exactitud de las estimaciones, siempre y cuando representen mejor las condiciones del país. Las funciones de densidad de probabilidad (que proporcionan las estimaciones de media y de varianza) pueden obtenerse del conjunto de parámetros definidos para el país. Tales datos podrán utilizarse en análisis de incertidumbre avanzados, como las simulaciones de Monte Carlo. En el Capítulo 5 (Sección 5.2) se ofrecen orientaciones para desarrollar estimaciones de incertidumbre basadas en muestreos. Como mínimo, los métodos del Nivel 2 deberían permitir obtener intervalos de error en forma de desviaciones estándar porcentuales respecto a cada parámetro definido para el país.

Nivel 3: Los datos de actividad obtenidos de un sistema de inventario de los usos y gestiones de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a superficies asociadas a cambios de uso de la tierra aplicando diversos métodos, incluidas las simulaciones de Monte Carlo.

3.4.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3.4.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

La conversión de tierras en praderas puede efectuarse a partir de tierras no gestionadas, incluidos los ecosistemas nativos relativamente inalterados (por ejemplo, tierras forestales, humedales) y a partir de tierras agrícolas gestionadas intensivamente. En las conversiones a partir de tierras forestales, las alteraciones asociadas al desbroce de la tierra producirán por lo general pérdidas de C en la materia orgánica muerta (detritus de superficie y desperdicios leñosos gruesos). Debería suponerse que todos los depósitos de desperdicios y de desperdicios leñosos gruesos (estimados mediante los métodos descritos en la Sección 3.2.2.2) se oxidan tras la conversión de la tierra, y la variación de las reservas de C en la materia orgánica del suelo debería estimarse como se indica a continuación.

La variación total de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en praderas se indica en la Ecuación 3.4.17:

<p>ECUACIÓN 3.4.17</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN PRADERAS (TP)</p> $\Delta C_{TP_{Suelos}} = \Delta C_{TP_{Minerales}} - \Delta C_{TP_{Orgánicos}} - \Delta C_{TP_{Cal}}$

Donde:

$\Delta C_{TP_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas en el suelo en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TP_{Minerales}}$ = variación de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TP_{Orgánicos}}$ = emisiones de C anuales en suelos orgánicos convertidos en praderas (estimadas en forma de flujo anual neto), en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TP_{Cal}}$ = emisiones de C anuales procedentes del encalado con fines agrícolas en tierras convertidas en praderas, en toneladas de C año⁻¹

Los criterios para seleccionar el método de estimación más adecuado dependerán del tipo de conversión de la tierra y de la longevidad de la conversión, así como de la disponibilidad de información adecuada específica del país para estimar los valores de referencia de las reservas de C en el suelo y los factores de variación de las reservas y de emisión. Todos los países deberían tratar de mejorar sus métodos de inventario y de notificación escogiendo del nivel más alto posible con arreglo a las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países utilicen una metodología del Nivel 2 ó 3 si las emisiones y absorciones de carbono en tierras convertidas en praderas constituyen una categoría esencial, y si la subcategoría de materia orgánica del suelo se considera significativa con arreglo a los principios descritos en el Capítulo 5. Los países deberían utilizar el árbol de decisiones de la Figura 3.1.2 como ayuda para la elección del método.

3.4.2.2.1.1 Elección del método

Suelos minerales

Nivel 1: El Nivel 1 es fundamentalmente similar al aplicado en Praderas que siguen siendo praderas (Ecuación 3.4.8 de la Sección 3.4.1.2.1.1), excepto en que las reservas de carbono antes de la conversión dependen de parámetros correspondientes a otros usos de la tierra. Los métodos del Nivel 1 están basados en valores de referencia por defecto de las reservas de C y de los factores de variación de las reservas, y en datos totales en términos relativos sobre la ubicación y las tasas de conversión de uso de la tierra.

En el Nivel 1, el valor inicial (antes de la conversión) de las reservas de carbono ($COS_{(0-T)}$) se determina a partir del mismo valor de referencia de las reservas de C en el suelo (COS_{REF}) que se utiliza para todos los usos de la tierra (Cuadro 3.4.4), además de los factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E) apropiados para el uso anterior de la tierra y para el uso de ésta como pradera. Para las tierras no gestionadas nativas y para los bosques gestionados, se supondrá que las reservas de C en el suelo son iguales a los valores de referencia (en otras palabras, los factores de uso de la tierra, de gestión y de aporte serán iguales a 1). Los valores actuales de las reservas de C en el suelo (COS_0) en tierras convertidas en praderas se estiman exactamente de la misma manera que para las praderas permanentes, es decir, utilizando los valores de referencia de las reservas de carbono (Cuadro 3.4.4) y los factores de variación de las reservas (Cuadro 3.4.5). Así, las tasas anuales de emisión (fuentes) o de absorción (sumideros) se calculan como la diferencia de las reservas (a lo largo del tiempo), dividida por el período de inventario (valor por defecto: 20 años).

Las etapas para calcular COS_0 y $COS_{(0-T)}$, así como la variación neta de las reservas de C en el suelo por ha de tierra, son las siguientes:

- Etapas 1:** Seleccionar el valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF}), basándose en el tipo de clima y de suelo, para cada superficie de tierra que se somete a inventario.
- Etapas 2:** Calcular el valor de las reservas de C antes de la conversión ($COS_{(0-T)}$) en las tierras que estén siendo convertidas en praderas, basándose en el valor de referencia de las reservas de carbono y en el uso y gestión de la tierra anteriores, que determinan los factores de uso de la tierra (F_{UT}), de gestión (F_{RG}) y de aporte (F_E). Obsérvese que, cuando las tierras que se convierten son bosques, las reservas antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de las reservas de carbono en suelos nativos.
- Etapas 3:** Calcular (COS_{REF}) repitiendo la Etapa 2 y utilizando el mismo valor de referencia de las reservas de carbono ($\Delta C_{TP_{Minerales}}$), pero con factores de gestión y de aporte que representen las condiciones existentes en las tierras convertidas en praderas.
- Etapas 4:** Calcular la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario ($\Delta C_{TP_{Minerales}}$).

Ejemplo 1: Para un bosque situado en suelo volcánico y en un entorno húmedo tropical, $COS_{REF} = 70$ toneladas de $C\ ha^{-1}$. Para todos los suelos forestales, los valores por defecto de los factores de variación de reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E) son todos igual a 1; así, $COS_{(0-T)}$ será igual a 70 toneladas de $C\ ha^{-1}$. Si las tierras son convertidas en pastos moderadamente degradados/sobrepastoreados, se tendrá $COS_0 = 70\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 0,97 \bullet 1 = 67,9$ toneladas de $C\ ha^{-1}$. Así, la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario será de $(67,9\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} - 70\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1})/20\ años = -0,01$ toneladas de $C\ ha^{-1}\ año^{-1}$.

Ejemplo 2: Para un suelo húmedo tropical y volcánico que haya sido durante mucho tiempo tierra agrícola anual con labranza intensiva en que los residuos del cultivo se eliminan del campo, las reservas de carbono al comienzo del período de inventario $COS_{(0-T)}$ serán iguales a 70 toneladas de $C\ ha^{-1} \bullet 0,58 \bullet 1 \bullet 0,91 = 36,9$ toneladas de $C\ ha^{-1}$. Tras la conversión en pastos mejorados (por ejemplo, fertilizados), las reservas de carbono (COS_0) serán de 70 toneladas de $C\ ha^{-1} \bullet 1 \bullet 1,17 \bullet 1 = 81,9$ toneladas de $C\ ha^{-1}$. Así, la variación anual media de las reservas de C en el suelo para el área dada durante el período de inventario será igual a $(81,9\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1} - 36,9\ toneladas\ de\ C\ ha^{-1}) / 20\ años = 2,25$ toneladas de $C\ ha^{-1}\ año^{-1}$.

Nivel 2: El método del Nivel 2, aplicado a los suelos minerales, está basado también en la Ecuación 3.4.8, aunque utiliza valores de referencia de las reservas de C y/o factores de variación de las reservas específicos del país o de la región, junto con datos de actividad más desglosados sobre los usos de la tierra.

Suelos orgánicos

En los Niveles 1 y 2, los suelos orgánicos convertidos en praderas durante el período de inventario reciben el mismo tratamiento que las praderas durante largos períodos en suelos orgánicos, es decir, se les aplica un factor de emisión constante sobre la base del régimen climático (véase la Ecuación 3.4.10 y el Cuadro 3.4.6). En el Nivel 2, los factores de emisión se obtienen de datos específicos del país o de la región.

Suelos minerales y orgánicos

Tanto para los suelos minerales como orgánicos, el Nivel 3 utiliza unos modelos más detallados y específicos del país, y/o metodologías basadas en mediciones, junto con datos muy desglosados sobre el uso y la gestión de las tierras. Las metodologías del Nivel 3 para estimar las variaciones de C en el suelo por efecto de la conversión de las tierras en praderas deberían utilizar modelos y conjuntos de datos que puedan representar las transiciones a lo largo del tiempo entre diferentes tipos de uso de la tierra y de vegetación, en particular los bosques, sabanas, praderas y tierras agrícolas. Los métodos del Nivel 3 deben integrarse con las estimaciones de la eliminación de biomasa y con el tratamiento de los residuos vegetales posterior a la tala (incluidos los restos leñosos y los detritus), dado que las variaciones en la eliminación y el tratamiento de los residuos (p. ej., por la quema o por la preparación del lugar) afectarán a los aportes de C a la formación de la materia orgánica del suelo y a las pérdidas de C por descomposición y combustión. Es esencial validar los modelos mediante observaciones independientes en ubicaciones específicas del país o de la región que sean representativas de las interacciones del clima, del suelo y del tipo de vegetación con la variación de las reservas de C en el suelo después de la conversión.

Encalado

Cuando se aplica cal a las praderas convertidas a partir de otros usos de la tierra, los métodos para estimar las emisiones de CO_2 por efecto del encalado serán los mismos que los descritos para las *praderas que siguen siendo praderas*, Sección 3.4.1.2.1.1.

3.4.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Cuando se utilicen los métodos del Nivel 1 o del Nivel 2 se necesitarán las variables siguientes:

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar el valor de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.4.4. Esos valores están actualizados con respecto a los indicados en las *Directrices del IPCC*, con las mejoras siguientes: i) las estimaciones se han obtenido estadísticamente de compilaciones recientes de perfiles de suelo con vegetación nativa; ii) los suelos "espódicos" (definidos como podzoles de las zonas boreal y templada en la clasificación BMR, o como espodosoles en la clasificación USDA) se incluyen en una categoría propia, iii) se incluyen los suelos de las regiones de clima boreal.

Nivel 2: En el método del Nivel 2, el valor de referencia de las reservas de C en el suelo puede determinarse a partir de las mediciones del suelo, por ejemplo como parte integrante de las actividades de reconocimiento y

cartografía del suelo de un país. Es importante utilizar descripciones taxonómicas fiables de suelos medidos para clasificar éstos con arreglo a las clases definidas en el Cuadro 3.4.4 o, si se utiliza una subdivisión más fina del valor de referencia de las reservas de C en el suelo, documentar de manera coherente y adecuada las definiciones de los grupos de suelo. Algunas de las ventajas de utilizar datos específicos del país para estimar el valor de referencia de las reservas de C en el suelo son valores más exactos y representativos para un país dado, y la capacidad de estimar mejor las funciones de distribución de probabilidad que pueden utilizarse en un análisis formal de incertidumbre.

Factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E)

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E), como se indica en el Cuadro 3.4.10. Esos valores están actualizados con respecto a las *Directrices del IPCC*, sobre la base de un análisis estadístico de las investigaciones publicadas. En el Cuadro se incluyen definiciones que podrían ayudar a seleccionar los valores apropiados para los factores. Los factores de variación de las reservas se utilizan para estimar las reservas tanto después (COS_0) como antes de la conversión ($COS_{(0-T)}$); los valores variarán en función de las condiciones de uso y gestión de la tierra antes y después de la conversión. Obsérvese que, cuando se convierten bosques en praderas, los factores de variación de las reservas son todos iguales a 1, de modo que las reservas de carbono en el suelo antes de la conversión serán iguales a los valores de referencia de la vegetación nativa (COS_{REF}).

CUADRO 3.4.10 FACTORES RELATIVOS DE VARIACIÓN DE LAS RESERVAS EN EL SUELO PARA LA CONVERSIÓN DE TIERRAS EN PRADERAS		
Tipo de valor del factor	Nivel	Valor por defecto de <i>OBP</i>
Uso y gestión de la tierra, aporte	Pradera gestionada	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.4.5
Uso y gestión de la tierra, aporte	Tierra agrícola	Véanse los valores por defecto del Cuadro 3.3.4
Uso y gestión de la tierra, aporte	Tierra forestal	Valores por defecto de F_{UT} , F_{RG} , $F_E = 1$

Nivel 2: En el Nivel 2, la estimación de los factores de variación de las reservas específicos del país para la conversión de tierras en praderas estará normalmente basada en comparaciones de pares de parcelas que representen tierras convertidas y sin convertir, en que todos los factores distintos de la historia de uso de la tierra serán lo más similares posible (p. ej., Davidson y Ackermann, 1993). En términos ideales, podrían encontrarse varias ubicaciones de muestra que representen un uso de la tierra dado en diferentes momentos después de la conversión: es decir, lo que se denomina una ‘cronosecuencia’ (p. ej., Neill *et al.*, 1997). Hay pocos experimentos de largo período replicados sobre las conversiones de uso de la tierra, de modo que los factores de variación de las reservas y de emisión para tales conversiones tendrán una incertidumbre relativamente elevada. Al evaluar los estudios existentes o al realizar nuevas mediciones, es esencial que las parcelas que se comparan tengan historias y gestiones similares antes de la conversión, al igual que las posiciones topográficas y las propiedades físicas de sus suelos, y que estén próximas entre sí. En cuanto a las praderas permanentes, la información necesaria incluye las reservas de C (es decir, la masa por unidad de superficie hasta una profundidad especificada) para cada uso de la tierra (y para cada valor de tiempo si se trata de una cronosecuencia). Como ya se ha indicado para las praderas que siguen siendo praderas, a falta de información específica que permita seleccionar un intervalo de profundidad alternativo es una *buena práctica* comparar los factores de variación de las reservas a una profundidad de al menos 30 cm (es decir, la profundidad utilizada para los cálculos en el Nivel 1). Las variaciones de reservas a mayor profundidad serían un dato deseable si se dispusiera de un número suficiente de estudios y si se evidenciara diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las reservas por efecto de la gestión de la tierra a mayores profundidades. Sin embargo, es esencial que el valor de referencia de las reservas de carbono en el suelo (COS_{REF}) y los factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_E) se determinen a una profundidad común.

Suelos orgánicos

En el Nivel 1 y en el Nivel 2, la elección de los factores de emisión de C en suelos orgánicos recientemente convertidos en praderas gestionadas debería atenerse los mismos procedimientos que los utilizados para obtener factores de emisión, conforme se ha indicado en la sección Praderas que siguen siendo praderas.

3.4.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles se necesitan estimaciones de las superficies de tierra convertidas en praderas. Esas mismas estimaciones de superficie deberían utilizarse para los cálculos de biomasa y de suelo en las tierras convertidas en praderas. En niveles superiores es necesario que las superficies sean más específicas. Por coherencia con las *Directrices del IPCC*, al menos el área de tierra convertida en pradera debería identificarse por separado en todos los niveles. Para ello serán necesarios al menos algunos datos sobre los usos de la tierra antes de la conversión;

si se utiliza el procedimiento 1 del Capítulo 2 para identificar las superficies de tierra, puede ser necesario el dictamen de expertos.

Nivel 1: En la metodología del Nivel 1 es necesario cierto tipo de datos de actividad: las estimaciones por separado de las superficies convertidas en praderas a partir de los usos de la tierra iniciales (es decir, tierras forestales, tierras agrícolas), por regiones climáticas. Es necesario estimar la distribución de las conversiones de uso de la tierra por tipos de suelos (en una región climática), o bien utilizando métodos espacialmente explícitos (p. ej., superposiciones de mapas de conversiones de uso de la tierra con mapas de suelos), o recurriendo a expertos del país que conozcan la distribución de los principales tipos de suelos en superficies sometidas a conversiones de uso de la tierra. La determinación del área de tierra convertida en pradera ha de ser coherente con el período de tiempo (T en la Ecuación 3.4.8) utilizado en el cálculo de la variación de reservas. Si los países no disponen de esos datos, es posible extrapolar de muestras parciales a la totalidad de las tierras, o extrapolar en el tiempo las estimaciones históricas de las conversiones basándose en el criterio de expertos del país. En los cálculos del Nivel 1 pueden utilizarse estadísticas internacionales, como las bases de datos de la FAO, las *Directrices del IPCC* u otras fuentes, suplementadas por supuestos sólidos establecidos por expertos del país, para estimar el área de tierra convertida en pradera a partir de cada uso inicial de la tierra. En los cálculos de niveles superiores se utilizan fuentes de datos específicas del país para estimar todas las transiciones desde un uso inicial de la tierra al uso de ésta como pradera.

Nivel 2: Los países deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie reales para todas las transiciones posibles de usos iniciales a usos de pradera, estratificadas por tipos de gestión. La cobertura total de las superficies de tierra puede conseguirse mediante el análisis de imágenes de uso de la tierra obtenidas por teledetección periódica y de patrones de la cubierta terrestre, mediante un muestreo periódico sobre el terreno de los patrones de uso de la tierra, o mediante sistemas de inventario híbridos. Si se dispone parcialmente de tales datos específicos del país de mayor resolución, se sugiere a los países que utilicen supuestos razonables basados en los conocimientos más apropiados disponibles para extrapolar al conjunto de las tierras. Las estimaciones históricas de las conversiones puede extrapolarse en el tiempo con arreglo al dictamen de expertos del país.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en una contabilidad de todas las transiciones de tierras en praderas, y estar desglosados para reflejar las diferentes circunstancias del país. El desglose puede efectuarse basándose en criterios políticos (comarcas, provincias, etc.), al bioma, al clima o a una combinación de esos parámetros. En muchos casos, los países tendrán información sobre las tendencias multianuales de la conversión de las tierras (tomadas de inventarios periódicos de los usos de la tierra y de la cubierta terrestre obtenidos mediante muestras o teledetección).

3.4.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En esta metodología, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las tasas de conversión y de estimaciones groseras de superficies de tierra convertidas en praderas. Además, la utilización de parámetros por defecto para las reservas de carbono en las condiciones iniciales y finales contribuye a unos niveles relativamente altos de incertidumbre. En esta metodología, los valores por defecto llevan asociados los correspondientes intervalos de error.

Nivel 2: Las estimaciones de superficie reales correspondientes a diferentes transiciones de uso de la tierra permitirán una contabilidad más transparente y ayudarán a los expertos a identificar lagunas y dobles cómputos de las superficies de tierra. El método del Nivel 2 utiliza al menos algunos valores por defecto definidos para el país, que mejorarán la exactitud de las estimaciones, ya que representan mejor las condiciones de interés para el país. La utilización de valores específicos del país debería implicar un número suficiente de tamaños de la muestra y/o la aplicación del dictamen de expertos para estimar las incertidumbres, que, junto con las estimaciones de incertidumbre sobre los datos de actividad obtenidos mediante las sugerencias del Capítulo 2, deberían utilizarse en las metodologías de análisis de incertidumbre descritas en el Capítulo 5.

Nivel 3: Los datos de actividad obtenidos de un sistema de inventario de usos y tipos de gestión de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a superficies asociadas a cambios de uso de la tierra. Los datos sobre emisiones y actividades, junto con sus correspondientes incertidumbres, pueden combinarse mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total.

3.4.2.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO₂

Al igual que para todas las praderas, las fuentes de emisión de CH₄ y de N₂O asociadas a praderas que han experimentado recientemente un cambio de uso de la tierra serán probablemente:

- Emisiones derivadas de incendios de la vegetación;
- Emisiones de N₂O procedentes de la mineralización de la materia orgánica del suelo;

- N₂O procedente del uso de fertilizantes;
- Aumento de las emisiones de N₂O y reducción de las emisiones de CH₄ por efecto del drenaje de suelos orgánicos; y
- Un menor sumidero de CH₄ en suelos aeróbicos por efecto del uso de fertilizantes.

Las emisiones de metano procedentes del ganado herbívoro (fermentación entérica) y el dióxido nitroso procedente del uso de fertilizantes y de desechos animales deberían calcularse y notificarse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 4 (Agricultura) de las *Directrices del IPCC*, y en las partes correspondientes (Secciones 4.2 y 4.7) de *OBP2000*.

Las emisiones derivadas de los incendios deberían calcularse utilizando los métodos descritos en la Sección 3.2.1.4, teniendo en cuenta, cuando se disponga de datos al respecto, que la carga de combustible será frecuentemente mayor durante el período de transición si el uso anterior de la tierra era forestal.

La conversión del uso de la tierra puede entrañar la mineralización del nitrógeno de la materia orgánica del suelo, que a su vez puede incrementar las emisiones de N₂O. Sin embargo, dependiendo del tipo de uso de la tierra anterior, y del tipo de clima y de suelo, la conversión de la tierra en pradera puede incrementar también la materia orgánica del suelo (Guo y Gifford, 2002).

La fertilización de las praderas tenderá a reducir la absorción de metano por el suelo y, cuando los suelos de los humedales han sido drenados, las emisiones de dióxido nitroso pueden aumentar; convendría que los países que notifican sus emisiones en el apartado Agricultura del Nivel 3 tuvieran en cuenta esos efectos como se indica en la Sección 3.4.1.3. En las emisiones de gases distintos del CO₂ pueden influir también otros efectos adicionales de las transiciones a pradera, por ejemplo la perturbación de los suelos por efecto de la labranza, o la compactación cuando se utiliza equipo mecánico para la tala, pero los efectos no serán probablemente muy grandes, y no existen métodos por defecto para contabilizarlos. No se examinarán en estas orientaciones las variaciones de la tasa de absorción de CH₄ en la atmósfera por la capa superior oreada del suelo por efecto de la conversión, aunque es posible que en el futuro se aborden con mayor detalle diversas actividades relacionadas con la oxidación del metano.

3.4.3 Exhaustividad

Una serie de datos completa de las estimaciones de tierras contiene como mínimo el área de tierra del país que se considera pradera durante el período abarcado por las encuestas sobre los usos de la tierra u otras fuentes de datos, cuyas emisiones y absorciones de gas de efecto invernadero se estiman en el sector de UTCUTS. La superficie total abarcada por la metodología de inventario de las praderas es la suma de las tierras que siguen siendo praderas y de las tierras convertidas en praderas durante el período de tiempo dado. Esta metodología podría no incluir ciertas superficies de praderas cuando se considera que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero son insignificantes o constantes a lo largo del tiempo, como en el caso de las praderas nativas con pastoreo moderado y con escasos aportes de gestión. Por consiguiente, es posible que el área total de praderas que se estime sea inferior a la superficie total de praderas del país. En tales casos, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen la diferencia de superficies de praderas en el inventario y la superficie total de praderas de su territorio. Se sugiere a los países que vigilen la evolución a lo largo del tiempo de la superficie total de praderas incluida en el territorio nacional, y que mantengan unos registros transparentes de las partes utilizadas para estimar las emisiones y absorciones de dióxido de carbono. Como se ha visto en el Capítulo 2, todas las superficies de praderas, incluidas las que no figuran en el inventario de emisiones, deberían ser objeto de comprobaciones de coherencia para evitar el doble cómputo o la omisión. Una vez sumada a las estimaciones de superficies destinadas a otros usos de la tierra, la serie de datos de superficies de praderas permitirá realizar una evaluación completa de las tierras incluidas en el informe de inventario de los países en el sector de UTCUTS.

Los países que utilizan métodos del Nivel 2 ó 3 para los depósitos de la biomasa y del suelo de las praderas deberían detallar más su inventario de la serie de datos de superficies de praderas. Los países podrían necesitar, por ejemplo, estratificar el área de praderas por tipos principales de clima y de suelo, incluyendo tanto las superficies de praderas inventariadas como las no inventariadas. Cuando en el inventario se utilicen superficies de tierra estratificadas, es una *buena práctica* que los países utilicen las mismas clasificaciones de área tanto para los depósitos de la biomasa como para los del suelo. Con ello se conseguirá coherencia y transparencia, y una utilización eficaz de las encuestas sobre las tierras y de otros medios de recuperación de datos, y podrá establecerse un vínculo explícito entre las emisiones y absorciones de dióxido de carbono en los depósitos de la biomasa y del suelo.

3.4.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Para mantener una serie temporal coherente, es una *buena práctica* que los países lleven registros de las superficies de praderas utilizadas en los informes de inventario a lo largo del tiempo. Tales registros deberían recoger la evolución de la superficie de praderas total incluida en el inventario, subdividida por tierras que siguen siendo praderas y por tierras convertidas en praderas. Se sugiere a los países que incluyan una estimación de la superficie de praderas total del territorio nacional. Para asegurarse de que las estimaciones de superficie son objeto de un trato coherente a lo largo del tiempo, las definiciones de uso de la tierra deberían estar claras y mantenerse invariables. Si se introdujeran modificaciones en las definiciones de uso de la tierra, es una *buena práctica* llevar registros transparentes de tales modificaciones. Deberían utilizarse también definiciones coherentes para cada uno de los tipos de praderas y de los sistemas de gestión incluidos en el inventario. Además, para facilitar una adecuada contabilidad de las emisiones y absorciones de carbono durante varios períodos, podrá utilizarse información histórica sobre la conversión de las tierras. Aun en el caso de que un país no pueda utilizar datos históricos para sus inventarios actuales, una mejora de las prácticas que permita seguir la evolución de las conversiones de la tierra será beneficiosa en inventarios futuros.

Para que las estimaciones y notificaciones sean coherentes, es necesario utilizar definiciones comunes de los tipos de actividad, clima y suelo durante el período de inventario, para lo cual puede ser necesario remitirse a las definiciones utilizadas por organismos nacionales encargados de recopilar datos, como se indica en el Capítulo 2.

3.4.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la Sección 3.4 pueden notificarse utilizando los cuadros de notificación del Anexo 3A.2. Las estimaciones pertenecientes a la categoría de praderas pueden equipararse a las categorías de notificación de las *Directrices del IPCC* como sigue:

- Las emisiones y absorciones de dióxido de carbono en la biomasa boscosa de las praderas que siguen siendo praderas se corresponden con la Categoría de notificación 5A del IPCC, Variaciones de la biomasa boscosa;
- Las emisiones y absorciones de dióxido de carbono en el suelo de las praderas que siguen siendo praderas se corresponden con la Categoría de notificación 5D del IPCC, Variaciones del carbono del suelo; y
- Las emisiones y absorciones de dióxido de carbono resultantes de la conversión de tierras en praderas se corresponden con la Categoría de notificación 5B del IPCC para la biomasa, con la Categoría de notificación 5D del IPCC para los suelos, y con la Categoría de notificación 5E del IPCC para los gases distintos del CO₂.

Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para producir estimaciones de inventario nacionales. Las fuentes de metadatos y de datos utilizadas para estimar los factores específicos del país deberían documentarse, y deberían facilitarse estimaciones de la media y de la varianza. En la práctica, convendría archivar las bases de datos y los procedimientos utilizados para procesar los datos (por ejemplo, los programas estadísticos) con el fin de estimar los factores específicos del país. Los datos de actividad y las definiciones utilizados para clasificar o totalizar los datos de actividad deberán ser documentados y archivados. Los procedimientos utilizados para clasificar los datos de actividad por tipos de clima y de suelo (en los Niveles 1 y 2) deberán estar claramente documentados. En las metodologías del Nivel 3 que utilicen modelos deberán documentarse la versión y la identificación del modelo. Si se utilizan modelos dinámicos, será necesario archivar permanentemente copias de todos los archivos de entrada del modelo, así como copias del código fuente del modelo y de los programas ejecutables.

3.4.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) del inventario

Es una *buena práctica* efectuar comprobaciones de control de calidad y revisiones externas de las estimaciones y datos de inventario por expertos. Debería prestarse especial atención a las estimaciones específicas del país respecto de los factores de variación de las reservas y de emisión, para asegurarse de que se basan en datos de alta calidad y en la opinión verificable de expertos.

Algunas comprobaciones específicas de GC/CC para todas las metodologías de praderas son:

Praderas que siguen siendo praderas: Las superficies en que se notifiquen variaciones de las reservas de biomasa en las praderas y variaciones de las reservas en el suelo de las praderas deberían ser las mismas. Las praderas pueden abarcar superficies en que se contabilice la variación de las reservas del suelo pero en que las variaciones

de la biomasa se supondrán iguales a 0 (p. ej., cuando haya muy poca cantidad de biomasa no boscosa), superficies que varíen tanto las reservas en la biomasa como en el suelo (p. ej., las superficies con incrustación de biomasa boscosa), y superficies que ni las reservas en la biomasa ni en el suelo estén experimentando cambios (p. ej., las praderas nativas gestionadas extensivamente). Para mejorar la transparencia y eliminar errores, debería notificarse la superficie total de praderas en que se haya estimado alguna variación de las reservas, y cuando la variación de las reservas en la biomasa sea igual a 0, deberán notificarse igualmente tales variaciones si se notifica la variación de las reservas de carbono en el suelo para esa misma área.

Tierras convertidas en praderas: El área total de tierras convertidas en praderas debería ser la misma en las estimaciones de biomasa y de suelo. Cuando los depósitos de la biomasa y del suelo estén desglosados en diferentes grados de detalle, deberían utilizarse las mismas categorías generales para desglosar los datos de área.

Para todas las estimaciones de la variación de las reservas de carbono en el suelo utilizando los métodos del Nivel 1 o del Nivel 2 las superficies totales, para cada combinación de tipo de clima-suelo, deberán ser las mismas para el comienzo ($\text{año}_{(0-T)}$) y el final ($\text{año}_{(0)}$) del período de inventario (véase la Ecuación 3.4.9).

3.4.7 Estimación de los valores por defecto revisados del Nivel 1 de OBP sobre la gestión de praderas (véase el Cuadro 3.4.5)

Se han calculado los factores de variación de las reservas de C en praderas para tres tipos generales de estado de la pradera: degradada, gestionada nominalmente, y mejorada. Se ha incluido un factor de aporte adicional para aplicarlo a las praderas mejoradas. Las mejoras de la gestión consideradas en el presente texto se han limitado a la fertilización (orgánica o inorgánica), a la siembra de leguminosas o de otras especies herbáceas, y al regadío. Las praderas sobrepastoreadas y los pastos tropicales deficientemente gestionados (es decir, en los que no se ha aplicado ninguna de estas mejoras de gestión) se han clasificado como praderas degradadas. Las praderas nativas o introducidas que permanecieron sin mejoras se han agrupado en la categoría de praderas nominales. Las praderas que experimentaron algún tipo de mejora de la gestión se han clasificado como praderas mejoradas con tasas de aporte de C medias. En las praderas mejoradas sometidas a múltiples mejoras de gestión, las tasas de aporte de C se han considerado elevadas. Los datos se han sintetizado en modelos de efectos mixtos lineales, que dan cuenta tanto de los efectos fijos como de los aleatorios. Entre los efectos fijos se incluyen la profundidad, el número de años transcurridos desde el cambio de gestión, y el tipo de cambio de gestión (por ejemplo, labranza reducida frente a ausencia de labranza). En lo que se refiere a la profundidad, no se han totalizado los datos, pero se han incluido las reservas medidas de C para cada aumento de la profundidad (p. ej., de 0 a 5 cm, de 5 a 10 cm, y de 10 a 30 cm) como un punto individualizado del conjunto de datos. De modo análogo, no se han totalizado los datos de un mismo estudio obtenidos en fechas diferentes. Por consiguiente, se han utilizado efectos aleatorios para reflejar la interdependencia de los datos de las series temporales y la interdependencia entre los datos puntuales que representaban profundidades diferentes en un mismo estudio. Se han estimado factores representativos de los efectos de las prácticas de gestión a los 20 años en los 30 cm superiores del suelo. Se ha calculado la varianza para cada uno de los valores de los factores, y se ha utilizado ese valor para construir funciones de distribución de probabilidad con una densidad normal.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.4.7

- Abril, A., y E. H. Bucher. (1999). The effects of overgrazing on soil microbial community and fertility in the Chaco dry savannas of Argentina. *Applied Soil Ecology* **12**: págs. 159 a 167.
- Aina, P. O. (1979). Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* **43**: págs. 173 a 177.
- Arnold, P. W., F. Hunter, y P. Gonzalez Fernandez. (1976). Long-term grassland experiments at Cockle Park. *Annales Agronomiques* **27**: págs. 1027 a 1042.
- Banerjee, M. R., D. L. Burton, W. P. McCaughey, y C. A. Grant. (2000). Influence of pasture management on soil biological quality. *Journal of Range Management* **53**: págs. 127 a 133.
- Bardgett, R. D., C. Frankland Juliet, y J. B. Whittaker. (1993). The effects of agricultural practices on the soil biota of some upland grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **45**: págs. 25 a 45.
- Barrow, N. J. (1969). The accumulation of soil organic matter under pasture and its effect on soil properties. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* **9**: págs. 437 a 445.
- Biondini, M. E., B. D. Patton, y P. E. Nyren. (1998). Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed-grass prairie, USA. *Ecological Applications* **8**: págs. 469 a 479.
- Cantarutti, R. B., J. M. Brage, R. M. Boddey, y S. d. P. Resende. (1995). Caracterizacáo do status de nitrogenio em solosob pastagm de *Brachiaria humidicola* pura e consorciada com *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela. Pages 733-735 in *Proceedings of the XXV Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo, Micosá, MG, Brasil*.
- Carr, S. C. M., y J. S. Turner. (1959). The ecology of the Bogong high plains II. Fencing experiments in grassland C. *Australian Journal of Botany* **7**: págs. 34 a 83.
- Carter, M. R., D. A. Angers, y H. T. Kunelius. (1994). Soil structural for and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. *Soil Science Society of America Journal* **58**: págs. 1194 a 1199.
- Cerri, C. C., B. Volkoff, y F. Andreaux. (1991). Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus. *Forest Ecology and Management* **38**: págs. 247 a 257.
- Chone, T., F. Andreuz, J. C. Correa, B. Volkhoff, y C. C. Cerri. (1991). Changes in organic matter in an Oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture determined by ¹³C isotopic composition. Pages 397-405 in J. Berthelin, editor. *Diversity of Environmental Biogeochemistry*. Elsevier, Amsterdam.
- Chuluun, T., L. L. Tieszen, and D. Ojima. (1999). Land use impact on C4 plant cover of temperate east Asian grasslands. Pages 103-109 in K. Otsubo, editor. *NIES Workshop on Information Bases and Modeling for Land-use and Land-cover Changes Studies in East Asia*. Center for Global Environmental Research.
- Desjardins, T., F. Andreuz, B. Volkoff, y C. C. Cerri. (1994). Organic carbon and ¹³C content in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. *Geoderma* **61**: págs 103 a 118.
- Eden, M. J., D. F. M. McGregor, y N. A. Q. Viera. (1990). Pasture development on cleared forest land in northern Amazonia. *The Geographical Journal* **156**: págs. 283 a 296.
- Escobar, C. J., y J. L. Toriatti Dematte. (1991). Distribution of organic matter and natural carbon-13 in an Ultisol in the Amazon piedmont. *Pasturas Tropicales* **13**: págs. 27 a 30.
- Feigl, B. J., J. Melillo, y C. C. Cerri. (1995). Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondonia (Brazil). *Plant and Soil* **175**: págs. 21 a 29.
- Fisher, M. J., I. M. Tao, M. A. Ayarza, C. E. Lascano, J. I. Sanz, R. J. Thomas, y R. R. Vera. (1994). Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* **371**: págs. 236 a 238.
- Frank, A. B., D. L. Tanaka, L. Hofmann, y R. F. Follett. (1995). Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. *Journal of Range Management* **48**: págs. 470 a 474.
- Franzluebbbers, A. J., N. Nazih, J. A. Stuedmann, J. J. Fuhrmann, H. H. Schomberg, y P. G. Hartel. (1999). Soil carbon and nitrogen pools under low- and high-endophyte-infected tall fescue. *Soil Science Society of America Journal* **63**: págs. 1687 a 1694.
- Franzluebbbers, A. J., J. A. Stuedmann, H. H. Schomberg, y S. R. Wilkinson. (2000). Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. *Soil Biology and Biochemistry* **32**: págs. 469 a 478.
- Garcia-Oliva, F., I. Casar, P. Morales, y J. M. Maass. (1994). Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. *Oecologia* **99**: págs. 392 a 396.
- Goh, K. M., J. D. Stout, y T. A. Rafter. (1977). Radiocarbon enrichment of soil organic matter fractions in New Zealand soils. *Soil Science* **123**: págs. 385 a 391.
- Jackman, R. H. (1964). Accumulation of organic matter in some New Zealand soils under permanent pasture I. Patterns of change of organic carbon, nitrogen, sulphur, and phosphorous. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **7**: págs. 445 a 471.
- Kohn, G. D., G. J. Osborne, G. D. Batten, A. N. Smith, y W. J. Lill. (1977). The effect of topdressed superphosphate on changes in Nitrogen : Carbon : Sulphur : Phosphorous and pH on a red earth soil during a long term grazing experiment. *Australian Journal of Soil Research* **15**: págs. 147 a 158.

REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 3.4.7 (CONTINUACIÓN)

- Koutika, L. S., F. Bartoli, F. Andreux, C. C. Cerri, G. Burtin, T. Chone, y R. Philippy. (1997). Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin. *Geoderma* **76**.
- Loiseau, P., y C. Grignani. (1991). Status of organic nitrogen and fate of mineral nitrogen in mid-mountain pastures. *Agronomie* **11**: págs. 143 a 150.
- Lovell, R. D., S. C. Jarvis, y R. D. Bardgett. (1995). Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: effects of management changes. *Soil Biology and Biochemistry* **27**: págs. 969 a 975.
- Lytton Hitchins, J. A., A. J. Koppi, y A. B. McBratney. (1994). The soil condition of adjacent bio-dynamic and conventionally managed dairy pasture in Victoria, Australia. *Soil Use and Management* **10**: págs. 79 a 87.
- Malhi, S. S., J. T. Harapiak, M. Nyborg, K. S. Gill, y N. A. Flore. (2002). Autumn and spring applications of ammonium nitrate and urea to bromegrass influence total and light fraction organic C and N in a thin Black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **82**: págs. 211 a 217.
- Malhi, S. S., M. Nyborg, J. T. Harapiak, K. Heier, y N. A. Flore. (1997). Increasing organic C and N in soil under bromegrass with long-term N fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **49**: págs. 255 a 260.
- Manley, J. T., G. E. Schuman, J. D. Reeder, y R. H. Hart. (1995). Rangeland soil carbon and nitrogen responses to grazing. *Journal of Soil and Water Conservation* **50**: págs. 294 a 298.
- Moulin, A. P., D. H. McCartney, S. Bittman, y W. F. Nuttall. Long-term effects of fertilizer on soil carbon in a pasture soil.
- Naeth, M. A., A. W. Bailey, D. J. Pluth, D. S. Chanasyk, y R. T. Hardin. (1991). Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Journal of Range Management* **44**: págs. 7 a 12.
- Neill, C., J. M. Melillo, P. A. Steudler, C. C. Cerri, J. F. L. d. Moraes, M. C. Piccolo, y M. Brito. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the Southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* **7**: págs. 1216 a 1225.
- Nyborg, M., S. S. Malhi, E. D. Solberg, y R. C. Izaurralde. (1999). Carbon storage and light fraction C in a grassland dark gray chernozem soil as influenced by N and S fertilization. *Canadian Journal of Soil Science* **79**: págs. 317 a 320.
- Oberson, A., D. K. Friesen, H. Tiessen, C. Morel, y W. Stahel. (1999). Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian oxisol. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **55**: págs. 77 a 88.
- Reiners, W. A., A. F. Bouwman, W. F. J. Parsons, y M. Keller. (1994). Tropical rain forest conversion to pasture: Changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications* **4**: págs. 363 a 377.
- Ridley, A. M., W. J. Slattery, K. R. Halyar, y A. Cowling. (1990). The importance of the carbon cycle to acidification of grazed animal pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **30**: págs. 529 a 537.
- Rixon, A. J. (1966). Soil fertility changes in a redbrown earth under irrigated pastures. *Australian Journal of Agricultural Research* **17**: págs. 303 a 316.
- Russell, J. S. (1960). Soil fertility changes in the long term experimental plots at Kybybolite, South Australia. I. Changes in pH, total nitrogen, organic carbon and bulk density. *Australian Journal of Agricultural Research* **11**: págs. 902 a 926.
- Schuman, G. E., J. D. Reeder, J. T. Manley, R. H. Hart, y W. A. Manley. (1999). Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications* **9**: págs. 65 a 71.
- Shiel, R. S. (1986). Variation in amounts of carbon and nitrogen associated with particle size fractions of soils from the Palace Leas meadow hay plots. *Journal of Soil Science* **37**: págs. 249 a 257.
- Skjemstad, J. O., V. R. Catchpoole, R. P. I. Feuvre, y R. P. Le Feuvre. (1994). Carbon dynamics in Vertisols under several crops as assessed by natural abundance ¹³C. *Australian Journal of Soil Research* **32**: págs. 311 a 321.
- Smoliak, S., J. F. Dormaar, y A. Johnston. (1972). Long-term grazing effects on Stipa-Bouteloua prairie soils. *Journal of Range Management* **25**: págs. 246 a 250.
- Trumbore, S. E., E. A. Davidson, P. Barbosa De Camargo, D. C. Nepstad, y L. A. Martinelli. (1995). Belowground cycling of carbon in forests and pastures of Eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles* **9**: págs. 515 a 528.
- Veldkamp, E. (1994). Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science Society of America Journal* **58**: págs. 175 a 180.
- Walker, T. W., B. K. Thapa, y A. F. R. Adams. (1959). Studies on soil organic matter. 3. Accumulation of carbon, nitrogen, sulphur, organic and total phosphorous in improved grassland soils. *Soil Science* **87**: págs. 135 a 140.
- Wang, Y., y Z. Chen. (1998). Distribution of soil organic carbon in the major grasslands of Xilinguole, Inner Mongolia, China. *Acta Phytocologica Sinica* **22**: págs. 545 a 551.
- Wood, K. M., y W. H. Blackburn. (1984). Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas rolling plains. *Journal of Range Management*

3.5 HUMEDALES

En el concepto de humedales se incluyen las tierras cubiertas o saturadas de agua durante todo o parte del año (por ejemplo, las turberas) que no pueden clasificarse como tierras forestales, tierras agrícolas, praderas o asentamientos con arreglo a las definiciones del Capítulo 2 (Sección 2.2, Categorías de tierra)¹. Los humedales de esta categoría pueden subdividirse en gestionados y no gestionados, de acuerdo con las definiciones del país. En los humedales gestionados se incluyen los embalses, y en los no gestionados, los ríos y lagos naturales. Las tierras forestales, las tierras agrícolas y las praderas establecidas en suelos de turba o húmedos se examinan en las Secciones 3.2, 3.3, y 3.4, respectivamente, del presente capítulo. Los arrozales se examinan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*. El anegamiento y el drenaje de los humedales se abordan en las *Directrices del IPCC*, en la Sección 5.4.3, Otras posibles categorías de actividades.

Para poder estimar las emisiones de gases de efecto invernadero es necesario diferenciar entre los humedales gestionados y los no gestionados. En esta publicación, los humedales gestionados son aquellos en que se modifica artificialmente la capa freática (p. ej., en las turberas drenadas), o los creados por efecto de las actividades humanas (p. ej., las presas fluviales). Las principales emisiones de gases de efecto invernadero en humedales gestionados, así como las secciones en que se estiman tales emisiones, se resumen en el Cuadro 3.5.1.

CUADRO 3.5.1 SECCIONES Y APÉNDICES REFERENCIAS SOBRE LAS PRINCIPALES EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE HUMEDALES GESTIONADOS		
	Turberas	Tierras anegadas²
Humedales que siguen siendo humedales		
CO ₂	Apéndice 3a.3	Apéndice 3a.3
CH ₄	No se examina	Apéndice 3a.3
N ₂ O	Apéndice 3a.3	Apéndice 3a.3
Tierras convertidas en humedales		
CO ₂	Sección 3.5	Sección 3.5
CH ₄	No se examina (el drenaje y la rehumidificación de los suelos forestales se examinan en el Apéndice 3a.2)	Se examina en el Apéndice 3a.3 (no se establecen diferencias en función de la edad del embalse)
N ₂ O	Apéndice 3a.3 (el drenaje y la rehumidificación de los suelos forestales se examinan en el Apéndice 3a.2)	Se examina en el Apéndice 3a.3 (no se establecen diferencias en función de la edad del embalse)

3.5.1 Humedales que siguen siendo humedales

Esta categoría se examina en el Apéndice 3a.3, Humedales que siguen siendo humedales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro.

3.5.2 Tierras convertidas en humedales

En la presente sección se examinan las emisiones de CO₂ asociadas a la extracción de turba o a las inundaciones. La conversión de tierras en humedales puede ser un componente importante de las estimaciones nacionales de la deforestación (o de otras conversiones de uso de la tierra importantes a nivel nacional). Con respecto a las conversiones para la extracción de turba, la variación de las reservas de carbono asociada a la biomasa viva y al

¹ La definición utilizada en esta publicación concuerda con las definiciones habitualmente utilizadas en el Convenio de Ramsar sobre las marismas y en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

² Las tierras anegadas se definen como masas de agua reguladas por actividades humanas para la producción de energía, el regadío, la navegación, el recreo, etc. y en las que se producen variaciones sustanciales de la extensión de agua por efecto de su regulación. Los lagos y ríos regulados en que el principal ecosistema anterior al anegamiento era un lago o río natural no se consideran tierras anegadas. Los arrozales se examinan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP2000*.

suelo se examinará a continuación. En cuanto a las conversiones para el anegamiento de tierras, se examinará únicamente la variación de las reservas de carbono asociada a la pérdida de biomasa viva.

Las tierras convertidas en humedales pueden haber sido inicialmente tierras forestales, tierras agrícolas, praderas o asentamientos. Las conversiones más probables son las que transforman tierras forestales en humedales (por ejemplo, restableciendo el agua en las turberas drenadas para fines forestales), las relacionadas con la extracción de turba (conversión de turberas naturales en tierras gestionadas), o las conversiones en tierras anegadas (para fines hidroeléctricos o de otro tipo). No se examinan aquí las metodologías de restablecimiento del agua debido a la escasez de datos disponibles (en el Apéndice 3a.2 se examinan las emisiones de gases de efecto invernadero distintos de CO₂ procedentes del drenaje y restablecimiento del agua, con especial énfasis en el drenaje). Como se indica en la Ecuación 3.5.1, las orientaciones para estimar la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en humedales abarcan dos tipos de conversión de uso de la tierra: la extracción de turba y el anegamiento.

ECUACIÓN 3.5.1
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN HUMEDALES

$$\Delta C_{TH} = \Delta C_{TH \text{ turba}} + \Delta C_{TH \text{ anegación}}$$

Donde:

ΔC_{TH} = variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en humedales, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TH \text{ turba}}$ = variación de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba (Sección 3.5.1), en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TH \text{ anegación}}$ = variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en tierras anegadas (Sección 3.5.), en toneladas de C año⁻¹

Para convertir las toneladas de C en Gg de emisiones de CO₂, se multiplicará el número de toneladas por 44/12 y por 10⁻³, por coherencia con los requisitos de notificación. Las emisiones se notifican como valores positivos, y las absorciones como valores negativos (la Ecuación 3.5.1 debería arrojar una pérdida de carbono). Para más amplia información sobre la notificación y las reglas de signos, véanse la Sección 3.1.7 y el Anexo 3A.2 (Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

En la Figura 3.1.2 se representa un árbol de decisiones general para seleccionar el nivel apropiado para las conversiones de tierras, aplicable a las tierras convertidas en humedales. Si se dispone de datos, la elección del nivel se hará por separado para cada tipo de conversión de la tierra (de tierras forestales en humedales, de praderas en humedales, de tierras agrícolas en humedales, de otros tipos de tierras en humedales).

3.5.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

3.5.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Se indica a continuación un método de estimación de las emisiones en tierras convertidas para la extracción de turba. En las *Directrices del IPCC* no se abordan explícitamente ni las emisiones procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba ni los cambios de uso de la tierra asociados a suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba. Las emisiones procedentes de la combustión de la turba se examinan en la sección Energía de las *Directrices del IPCC*. Por consiguiente, el método siguiente se refiere únicamente a las emisiones procedentes de la eliminación de vegetación en tierras preparadas para la extracción de turba y de las variaciones en la materia orgánica del suelo por efecto de la oxidación de la turba en la capa aeróbica de la tierra durante la extracción. La extracción de turba está contemplada en las estimaciones relativas a la combustión de turba en la sección sobre energía, y no se examinará en la presente sección. Este método, así como los correspondientes valores por defecto utilizados en las estimaciones del Nivel 1, puede aplicarse tanto a las tierras en que se está extrayendo turba (que se notificarán en la subcategoría de humedales que siguen siendo humedales) como a las tierras convertidas para la extracción de turba.

3.5.2.1.1.1 Elección del método

La estimación de la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba consta de dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3.5.2. La Ecuación 3.5.2 arroja una pérdida de carbono.

ECUACIÓN 3.5.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{TH\ turba} = \Delta C_{TH\ turba_{BV}} + \Delta C_{TH\ turba_{Suelos}}$$

Donde:

$\Delta C_{TH\ turba}$ = variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas para la extracción de turba, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TH\ turba_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TH\ turba_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año⁻¹

Se supone que el depósito de materia orgánica muerta no es significativo. Si un país dispone de datos sobre la materia orgánica muerta, tales datos podrán incluirse en las estimaciones con arreglo a los Niveles 2 ó 3.

La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva asociada a la conversión de tierras para la extracción de turba se estima mediante la Ecuación 3.5.3.

ECUACIÓN 3.5.3
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{TH\ turba_{BV}} = \sum S_i \bullet (B_{Después} - B_{Antes})_i \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TH\ turba_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba, en toneladas de C año⁻¹

S_i = superficie de tierra convertida anualmente para la extracción de turba a partir del uso original de las tierras i , en ha año⁻¹

B_{Antes} = biomasa sobre el suelo inmediatamente antes de la conversión para la extracción de turba, en toneladas de m.s. ha⁻¹

$B_{Después}$ = biomasa sobre el suelo inmediatamente después de la conversión para la extracción de turba, en toneladas m.s. ha⁻¹ (valor por defecto: 0)

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

El método se ajusta a la metodología de la Sección 5.2.3 (Conversión de bosques y praderas) de las *Directrices del IPCC*, y es coherente con las metodologías utilizadas en los tres niveles para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva, con arreglo a las Secciones 3.2.2, 3.3.2 y 3.4.2. Como indica la ecuación, la cantidad de biomasa viva sobre el suelo eliminada para la extracción de turba se estima multiplicando la superficie de tierra convertida anualmente para la extracción de turba por la diferencia entre las reservas de carbono en la biomasa para el uso de la tierra original antes de la conversión y en la turbera después de la conversión. Cuando se convierten bosques en turberas, y la madera talada se refleja en las estadísticas de la recolección, convendría ajustar estas últimas con la cantidad de madera recolectada de B_{Antes} , para evitar un doble cómputo.

En el Nivel 1, el supuesto por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba consiste en que toda la biomasa sobre el suelo presente antes de la conversión para la extracción de turba se perderá en ese mismo año a medida que se efectúa la conversión, y en que las reservas de carbono en la biomasa viva después de la conversión ($B_{Después}$) son iguales a 0. Es una *buen práctica* que los países estimen, por categorías de bosques, la superficie de tierra convertida para la extracción de turba a partir de un uso forestal, y que utilicen los valores por defecto de las reservas de carbono del Anexo 3A.1, Cuadros de valores por defecto para la Sección 3.2 (Tierras forestales), a fin de obtener estimaciones de B_{Antes} para cada categoría de bosque inicial y para cada categoría de otros usos de la tierra iniciales, incluidas las turberas no gestionadas. Cuando la tierra haya estado anteriormente destinada a praderas, deberían utilizarse los valores por defecto de biomasa sobre el suelo del Cuadro 3.4.2.

En casos en que se utilice la quema para eliminar vegetación, habrá también emisiones de gases distintos del CO₂, es decir, CH₄ y N₂O. Estas emisiones pueden estimarse en los Niveles 2 y 3 con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.2.1.4. El drenaje de las turberas incrementa también las emisiones de N₂O. Estas emisiones pueden estimarse con arreglo a las orientaciones del Apéndice 3a.3, Emisiones de N₂O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba.

Las emisiones de CO₂ en el suelo se producen en varias etapas en el proceso de obtención de turba, como se indica en la Ecuación 3.5.4.

ECUACIÓN 3.5.4
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELO, EN TIERRAS CONVERTIDAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{\text{TH turbaSuelos}} = \Delta C_{\text{drenaje}} + \Delta C_{\text{extracción}} + \Delta C_{\text{almacenamiento}} + \Delta C_{\text{restablecimiento}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TH turbaSuelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas para la extracción de turba, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{drenaje}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo durante el drenado, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{extracción}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo durante la extracción de turba (excluida la cantidad de carbono de la turba extraída), en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{almacenamiento}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo durante el almacenamiento de turba antes de su eliminación con fines de combustión, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{restablecimiento}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto de las prácticas realizadas para restablecer tierras anteriormente cultivadas, en toneladas de C año⁻¹

Nivel 1: En relación con las tierras convertidas para la extracción de turba, el nivel 1 contempla sólo el efecto del drenaje de la turba ($\Delta C_{\text{drenaje}}$). El Nivel 1 está basado en una identificación básica de las áreas y en los factores de emisión por defecto; el método básico para estimar las emisiones de carbono en suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba se recoge en la Ecuación 3.5.5. Esta ecuación se aplica en términos globales a la totalidad de suelos orgánicos de un país convertidos para la extracción de turba, separados en suelos ricos en nutrientes y suelos pobres en nutrientes, utilizando factores de emisión por defecto. Por el momento, sólo es posible indicar un método y determinados datos para estimar la variación media de las reservas de carbono asociada al drenaje de turba durante períodos largos, aunque las emisiones serán mayores en el primer año de drenaje que en años posteriores.

ECUACIÓN 3.5.5
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO POR EFECTO DEL DRENAJE DE SUELOS ORGÁNICOS CONVERTIDOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{\text{drenaje}} = S_{\text{ricosN}} \cdot FE_{\text{ricosN}} + S_{\text{pobresN}} \cdot FE_{\text{pobresN}}$$

Donde:

$\Delta C_{\text{drenaje}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto del drenaje de suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba, en toneladas de C año⁻¹

S_{ricosN} = superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en ha

S_{pobresN} = superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en ha

FE_{ricosN} = factor de emisión relativo a la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

FE_{pobresN} = factor de emisión relativo a la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

Nivel 2: Los métodos del Nivel 2 pueden ampliar los del Nivel 1 si se dispone de datos de área y de factores de emisión específicos del país. En tales casos, los países podrán subdividir los datos de actividad y los factores de emisión en función de la fertilidad de la turba, del tipo de turba e intensidad de drenaje, y/o del uso de la tierra o de la cubierta vegetal anteriores.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 están basados en estadísticas sobre las áreas de suelos orgánicos gestionadas para la extracción de turba en función del tipo de suelo, de la fertilidad, del tiempo transcurrido desde el drenaje y/o del tiempo transcurrido desde el restablecimiento, que podrían combinarse con los factores de emisión apropiados y/o con modelos basados en procesos. Podrían utilizarse también estudios que utilicen datos sobre la variación de la densidad aparente del suelo, el contenido de carbono y la profundidad de la turba, con objeto de detectar variaciones de las reservas de C en el suelo siempre y cuando la intensidad de muestreo sea suficiente y los muestreos abarquen la totalidad de la capa de turba. Tales datos deberían corregirse a fin de reflejar las pérdidas de carbono por efecto de la lixiviación del carbono orgánico disuelto, las pérdidas de materia orgánica muerta por efecto de la escorrentía, o las pérdidas en forma de emisiones de CH₄.

3.5.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Al estimar la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba dentro del Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar los factores de emisión por defecto indicados en el Cuadro 3.5.2.

CUADRO 3.5.2			
FACTORES DE EMISIÓN E INCERTIDUMBRE ASOCIADA EN SUELOS ORGÁNICOS DESPUÉS DEL DRENAJE			
Región/tipo de turba	Factor de emisión en toneladas de C ha año⁻¹	Incertidumbre^a En toneladas de C ha año⁻¹	Referencia/Comentario^b
Boreal y templada			
Pobre en nutrientes (FE _{pobreN})	0,2	0 a 0,63	Laine y Minkkinen, 1996; Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002
Rica en nutrientes (FE _{ricasN})	1,1	0,03 a 2,9	Laine <i>et al.</i> , 1996; LUSTRA, 2002; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Sundh <i>et al.</i> , 2000
Tropical	2,0	0,06 a 6,0	Calculado a partir de la diferencia relativa entre las regiones templada (pobre en nutrientes) y tropical en el Cuadro 3.3.5.
^a Intervalo de datos implícitos. ^b Los valores de las zonas boreal y templada se han obtenidos como media log-normal de una revisión de mediciones de parcelas emparejadas, suponiendo que los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba hayan sido drenados sólo moderadamente. La mayor parte de los datos son de Europa.			

Los países boreales que no disponen de información sobre las superficies de turbera ricas en nutrientes y pobres en nutrientes deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas pobres en nutrientes. Los países de zonas templadas que no disponen de tales datos deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas ricas en nutrientes. Para los países tropicales, por el momento sólo puede ofrecerse un único valor por defecto.

Nivel 2: El Nivel 2 está basado en datos específicos del país que reflejan prácticas de gestión tales como el drenaje de diferentes tipos de turba o la intensidad de drenado.

Nivel 3: En el Nivel 3 todos los parámetros deberían estar definidos para el país utilizando valores más exactos que los valores por defecto. Las publicaciones son escasas, y los resultados son a veces contradictorios, por lo que es una *buen práctica* obtener factores de emisión específicos del país a partir de mediciones comparadas con lugares vírgenes de referencia apropiados. Los datos deberían intercambiarse entre países que se encuentren en condiciones ambientales similares.

3.5.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

Nivel 1: Un dato de actividad necesario en todos los niveles es la superficie de suelo orgánico convertido para la extracción de turba. Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva se utiliza el valor de superficie total, mientras que para estimar la variación de las reservas de carbono en los suelos orgánicos es necesario diferenciar entre suelos orgánicos ricos en nutrientes y pobres en nutrientes. En el Nivel 1, lo ideal sería que los países obtuvieran datos adicionales sobre las áreas convertidas para la extracción de turba y sus usos originales. Para obtener tales datos puede recurrirse a estadísticas nacionales, a empresas mineras de extracción de turba, o a ministerios estatales responsables del uso de la tierra. Puede suponerse que la proporción de suelos ricos en nutrientes frente a los pobres en nutrientes es similar a la importancia relativa de esos tipos de turba a nivel nacional.

Nivel 2: En este nivel, los países pueden incorporar información basada en el uso original de la tierra, en el tipo de turba y en la fertilidad, así como en la intensidad de alteración de la turba y de drenaje en las áreas de suelo orgánico convertidas para la extracción de turba. Esta información podría obtenerse de las actualizaciones periódicas del inventario de las turberas nacionales.

Nivel 3: En este nivel puede ser necesaria información pormenorizada sobre el uso original de la tierra, el tipo de turba y la fertilidad, así como sobre la intensidad de alteración de la turba y de drenaje en las áreas de suelo orgánico convertidas para la extracción de turba. El tipo de modelo que se utilice determinará las necesidades específicas de datos y el nivel de desglose.

3.5.2.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Para estimar las emisiones procedentes de la conversión de la tierra en turba, las principales incertidumbres están asociadas a las estimaciones de superficie y a los factores de emisión.

Nivel 1: En los métodos del Nivel 1, las fuentes de incertidumbre están vinculadas a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las reservas de carbono en los bosques antes de la conversión y en estimaciones

groseras de las áreas de tierra y de sus usos originales antes de la extracción de turba, aunque la mayoría de las áreas convertidas son probablemente turberas con una mayor o menor densidad de árboles. En este método, la mayoría de los valores por defecto no llevan asociados intervalos de error. Los factores de emisión por defecto indicados para el Nivel 1 se han obtenido de tan sólo un pequeño número de datos puntuales (menos de 10), con lo cual podrían no ser representativos de grandes áreas o de zonas climáticas. Por consiguiente, se ha supuesto un nivel de incertidumbre por defecto de +/-75% del valor estimado de las emisiones o absorciones de carbono, basándose en el dictamen de expertos. La distribución de probabilidad de la incertidumbre de las emisiones será probablemente no normal, por lo que se tomará como valor por defecto de la incertidumbre el intervalo del 95% de una distribución log-normal (Cuadro 3.5.2). Es una *buena práctica* utilizar este intervalo en lugar de una desviación estándar simétrica.

Se estima que la superficie de turberas drenadas conlleva una incertidumbre del 50% en Europa y América del Norte, aunque puede llegar a representar un factor de 2 para el resto del mundo. En el Sudeste de Asia la incertidumbre es muy elevada, ya que en esa región las turberas están sometidas a fuerte presión, sobre todo por efecto de la urbanización y de la intensificación de la agricultura y de la silvicultura, y quizá también de la extracción de turba. Se supone que los datos de conversión de tierras en turberas conllevan el mismo valor de incertidumbre, aunque los países en que predomina la extracción de turba con fines comerciales dispondrán de datos de mayor calidad.

Nivel 2: En este nivel, las estimaciones de superficie en relación con la conversión de la tierra permitirán una contabilización más transparente, y permitirán a los expertos identificar lagunas de datos y evitar el doble cómputo de áreas de tierra. El Nivel 2 está basado en al menos cierto número de valores por defecto definidos para el país que afinarán la exactitud de las estimaciones, siempre y cuando representen mejor las condiciones propias del país. Cuando se obtengan valores por defecto específicos del país, los países deberían utilizar un número de tamaños de muestra y de técnicas que permita reducir al mínimo los errores típicos. Deberían obtenerse funciones de densidad de probabilidad (que proporcionen las estimaciones de media y de varianza) para todos los parámetros definidos para el país. Tales datos podrán utilizarse en análisis avanzados de incertidumbre, como las simulaciones de Monte Carlo. En el Capítulo 5 figuran orientaciones para el desarrollo de tales análisis. Como mínimo, las metodologías del Nivel 2 deberían proporcionar unos intervalos de error para cada parámetro definido para el país.

Nivel 3: En este nivel, los datos de actividad asociados a un sistema de inventario de uso y gestión de la tierra deberían sentar las bases para asignar estimaciones de incertidumbre a áreas asociadas a conversiones de la tierra. Es posible combinar los datos sobre emisiones y sobre actividad y sus incertidumbres asociadas utilizando procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza de la totalidad del inventario. Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente unas estimaciones más realistas, pero tendrán que ser calibrados y validados tomando como referencia las mediciones. En el Capítulo 5 (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres) se ofrecen orientaciones genéricas para evaluar la incertidumbre con métodos avanzados. Dado que el drenaje de las turberas compacta la turba y causa oxidación y pérdidas de carbono en formas distintas del CO₂, la variación de las reservas puede ser un punto de partida impreciso para supervisar los flujos de CO₂. Si se utiliza, debería calibrarse tomando como referencia las mediciones de flujo apropiadas.

3.5.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS ANEGADAS (EMBALSES)

En la Ecuación 3.5.6 se indica el método para estimar la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión de las tierras en tierras anegadas. Al igual que en el método descrito en la sección anterior a propósito de las turberas, este método presupone que las reservas de carbono en la tierra antes de la conversión se pierden en el primer año siguiente a la conversión. Las reservas de carbono en la tierra antes de la conversión pueden estimarse aplicando el método correspondiente a la biomasa viva, descrito para diversas categorías de uso de la tierra en otras secciones del presente capítulo. En el Nivel 1, se supondrá que las reservas de carbono tras la conversión son iguales a 0.

ECUACIÓN 3.5.6
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS
CONVERTIDAS EN TIERRAS ANEGADAS

$$\Delta C_{\text{TH anegaciónBV}} = [\sum S_i \bullet (B_{\text{Después}} - B_{\text{Antes}})_i] \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{\text{TH anegaciónBV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras anegadas, en toneladas de C año⁻¹

S_i = superficie de tierra convertida anualmente en tierra anegada a partir de un uso de la tierra original i , en ha año⁻¹

B_{Antes} = biomasa viva en la tierra inmediatamente antes de la conversión en tierras anegadas, en toneladas m.s. ha⁻¹

$B_{\text{Después}}$ = biomasa viva inmediatamente después de la conversión en tierras anegadas, en toneladas m.s. ha⁻¹ (valor por defecto: 0)

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

En realidad, es posible que el carbono que permanece en las tierras convertidas antes de la anegación se emita durante varios años después de la anegación. En el Nivel 2, este proceso de emisión puede representarse mediante un modelo. Los países tendrán que desarrollar factores de emisión específicos del país, y pueden consultar el texto relativo del Apéndice 3a.3 sobre las emisiones procedentes de tierras anegadas que lo siguen siendo si desean directrices generales sobre la manera de aplicar ese método.

Por el momento no se ofrecen directrices sobre la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto de la conversión de las tierras en tierras anegadas. Las emisiones de gases distintos del CO₂ en tierras convertidas en tierras anegadas se examinan en el Apéndice 3a.3.

3.5.3 Exhaustividad

Una estimación completa de las emisiones en tierras convertidas en humedales debería abarcar todas las tierras convertidas para la extracción de turba o convertidas en tierras anegadas. En relación con los suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba, un inventario completo debería abarcar todas las tierras convertidas en turberas industriales. Debería ser coherente con un inventario completo de todas las turberas industriales, incluidas las áreas de extracción de turba abandonadas en las que todavía hay drenado, y las áreas drenadas para una futura extracción de turba, aunque omitiendo las que retornan al estado de humedal.

3.5.4 Elaboración de una serie temporal coherente

En la Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales) se ofrecen orientaciones generales sobre la coherencia de las series temporales. El método de estimación de las emisiones debería aplicarse de manera coherente a cada año de la serie temporal, con el mismo nivel de desglose. Además, cuando se utilicen datos específicos del país, el organismo encargado del inventario nacional debería utilizar el mismo protocolo de medición (estrategia de muestreo, método, etc.) a lo largo del tiempo, con arreglo a las orientaciones de la Sección 5.3, Muestreo. Si no fuera posible utilizar el mismo método o protocolo de medición a lo largo de la serie temporal, deberían aplicarse las orientaciones del Capítulo 5 sobre nuevos cálculos.

Con series temporales o tendencias de mayor duración, podría ser necesario interpolar la superficie de los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba. Si fuera necesario, deberían efectuarse comprobaciones de coherencia (contactando con las empresas de extracción de turba), a fin de obtener información temporal sobre las áreas afectadas por la extracción de turba en el pasado o en el futuro. Convendría explicar las diferencias entre la emisión de gases de efecto invernadero en los distintos años de inventario, por ejemplo evidenciando cambios en las áreas de turbera industriales, o mediante factores de emisión actualizados.

3.5.5 Presentación de informes y documentación

Conviene documentar y archivar toda la información necesaria para producir las estimaciones de inventario nacionales de emisiones/absorciones, como se indica en el Capítulo 5, con sujeción a las consideraciones específicas siguientes. Las emisiones procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba no se mencionan explícitamente en las *Directrices del IPCC*. Para notificarlas pueden utilizarse los Cuadros de notificación del Anexo 3A.2.

Factores de emisión: Dada la escasez de datos publicados, deberían describirse y documentarse en detalle los fundamentos científicos en que se basen los nuevos factores, parámetros y modelos de emisión específicos del país. Ello implica definir los parámetros de entrada y describir el proceso en virtud del cual se han obtenido los factores, parámetros y modelos de emisión, así como describir las fuentes de incertidumbre.

Datos de actividad: Deberían registrarse las fuentes de todos los datos de actividad utilizados en los cálculos (fuentes de datos, bases de datos y referencias cartográficas del suelo), además (con sujeción a las consideraciones de confidencialidad que correspondan) de la comunicación con empresas que trabajen en la

extracción de turba. Tal documentación debería incluir la frecuencia de recopilación de datos y de estimación, y las estimaciones de exactitud y precisión, así como las razones a que responden las variaciones importantes en los niveles de emisión.

Resultados de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones importantes de las emisiones entre un año y otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los factores de emisión, parámetros y métodos de un año a otro, y deberían documentarse las razones de esas variaciones. Si se utilizan factores de emisión, parámetros y métodos diferentes en años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones.

3.5.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios

Sería apropiado efectuar comprobaciones de garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) como se indica en el Capítulo 5 (Sección 5.5), y someter las estimaciones de emisión a una revisión por expertos. Dada la escasez de datos, tales revisiones deberían realizarse regularmente para tener en cuenta nuevos resultados de las investigaciones. Podrían ser también aplicables comprobaciones adicionales de control de la calidad, como se indica en los procedimientos del Nivel 2 del Capítulo 8, GC/CC, de *OBP2000*, y procedimientos de garantía de la calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles elevados para cuantificar las emisiones procedentes de esa categoría de fuentes. Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, deberían estar basados en datos experimentales de alta calidad y desarrollados mediante un programa de mediciones que constituya una *buena práctica*, y deberían estar adecuadamente documentados.

En el momento actual no es posible cotejar con otros métodos de medición las estimaciones de emisión en suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba. Sin embargo, el organismo encargado del inventario debería asegurarse de que las estimaciones de emisión se someten a controles de calidad:

- cotejando los factores de emisiones específicos del país notificados con los valores y datos por defecto de otros países; y
- comprobando la plausibilidad de los resultados estableciendo referencias cruzadas para las áreas de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba que remitan a datos de industrias dedicadas a la extracción y producción de turba.

3.6 ASENTAMIENTOS

Esta categoría de uso de la tierra se define en el Capítulo 2 como el conjunto de todas las tierras desarrolladas, comprendidos la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías de uso de la tierra. En el presente capítulo, el aspecto más destacado de los asentamientos son los componentes terrestres de las tierras desarrolladas gestionadas que pueden influir en los flujos de CO₂ entre los depósitos de carbono de la atmósfera y del planeta. En ese contexto, la categoría "asentamientos" abarca todos los tipos de formaciones de árboles urbanos, a saber: los árboles plantados en las calles, en los jardines públicos y privados, y en diferentes tipos de parques, siempre cuando tales árboles estén funcionalmente o administrativamente asociados a ciudades, poblaciones, etc. Aunque los depósitos de carbono en la materia orgánica muerta y en el suelo pueden ser también fuentes o sumideros de CO₂ en los asentamientos, y las prácticas de gestión de las tierras urbanas pueden producir emisiones de CH₄ y de N₂O, se sabe poco sobre el papel y la magnitud de esos depósitos en el conjunto de los flujos de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, el análisis metodológico se centrará en la subcategoría de la variación de reservas de carbono en la biomasa viva, sobre la que se han realizado algunas investigaciones (Nowak 1996, 2002).

La variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en la categoría "asentamientos" puede estimarse en dos partes: "asentamientos que siguen siendo asentamientos (AA)", y "tierras convertidas en asentamientos (TA)". Esta última parte puede ser un componente importante de las estimaciones nacionales de deforestación (o de otras conversiones de uso de la tierra importantes a nivel nacional). Por consiguiente, se ofrece a continuación un breve texto orientativo sobre la estimación de la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión de tierras forestales en asentamientos. En esta sección se examinará sólo la biomasa viva.

3.6.1 Asentamientos que siguen siendo asentamientos

En el Apéndice 3a.4 se indica un método básico para estimar las emisiones y absorciones de CO₂ en asentamientos que siguen siendo asentamientos, ya que los métodos y datos por defecto disponibles para ese tipo de conversión de la tierra son preliminares. Si los países disponen de datos sobre la materia muerta, el carbono de los suelos y los gases distintos del CO₂ en los asentamientos, se sugiere que notifiquen también esa información.

3.6.2 Tierras convertidas en asentamientos

La ecuación fundamental para estimar la variación de las reservas de carbono asociada a las conversiones de uso de la tierra se ha explicado en otras secciones del presente capítulo (Secciones 3.2.2, 3.3.2 y 3.4.2) en relación con las tierras convertidas en tierras forestales, tierras agrícolas y praderas, respectivamente. Para estimar la variación de las reservas de carbono en tierras forestales convertidas en asentamientos puede aplicarse el mismo árbol de decisiones (véase la Figura 3.1.2) y el mismo método básico, con arreglo a la Ecuación 3.6.1.

<p>ECUACIÓN 3.6.1</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA EN TIERRAS FORESTALES CONVERTIDAS EN ASENTAMIENTOS (TFA)</p> $\Delta C_{TFA_{BV}} = S \cdot (C_{Después} - C_{Antes})$

Donde:

$\Delta C_{TFA_{BV}}$ = variación anual de las existencias de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de tierras forestales en asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

S = superficie de tierras forestales convertida anualmente en asentamientos, en ha año⁻¹

$C_{Después}$ = reservas de carbono en la biomasa viva inmediatamente después de la conversión en asentamientos, en toneladas de C ha⁻¹

C_{Antes} = reservas de carbono en la biomasa viva de tierras forestales inmediatamente antes de su conversión en asentamientos, en toneladas de C ha⁻¹

Este método adopta el planteamiento de las *Directrices del IPCC* (Sección 5.2.3, Conversión de bosques y praderas), en virtud del cual la cantidad de biomasa viva sobre el suelo eliminada para la ampliación de los asentamientos se ha estimado multiplicando la superficie de bosques convertida anualmente en asentamientos por la diferencia en reservas de carbono entre la biomasa del bosque antes de la conversión (C_{Antes}) y después de la conversión ($C_{Después}$). Son aplicables también aquí las metodologías de las Secciones 3.2.2, 3.3.2 y 3.4.2 para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva. Con objeto de desarrollar las estimaciones en el Nivel 1, se utilizan supuestos por defecto y valores por defecto de las reservas de carbono. En el Nivel 2, las reservas de carbono específicas del país se aplican a los datos de actividad desglosados, en las escalas apropiadas.

En el Nivel 3 los países utilizan métodos de estimación avanzados que pueden conllevar la utilización de modelos complejos y de datos de actividad muy desglosados.

Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en las tierras convertidas en asentamientos, los supuestos del Nivel 1 consisten en que toda la biomasa viva presente antes de la conversión en asentamiento se perderá en el mismo año en que se realiza la conversión, y las reservas de carbono en la biomasa viva después de la conversión ($C_{\text{Después}}$) son iguales a 0. Los países deberían estimar, por principales tipos de bosque, la superficie de tierras forestales convertidas en asentamientos, y utilizar los valores por defecto de las reservas de carbono de los Cuadros 3A.1.2 y 3A.1.3 para desarrollar estimaciones de las reservas de carbono en la biomasa viva antes de la conversión (C_{Antes}) para cada tipo de bosque inicial.

Cuando se utilice la quema para eliminar vegetación, habrá también emisiones de gases distintos del CO_2 , es decir, de CH_4 y N_2O . Los países pueden optar por estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema cuando se utiliza ese método para eliminar la vegetación con objeto de desarrollar asentamientos. El método básico para estimar las emisiones de gases distintos del CO_2 procedentes de la quema figura en la Sección 3.2.1.4.

3.7 OTRAS TIERRAS

La categoría "Otras tierras" se define en el Capítulo 2 como una categoría que engloba los suelos desprovistos de vegetación, las rocas, el hielo, etc., y todo tipo de áreas de tierra no incluidas en ninguna de las demás categorías de uso de la tierra examinadas en las Secciones 3.2 a 3.6. Esta categoría se incluye con objeto de que la totalidad de las áreas de tierra identificadas concuerden con la superficie del país en que se dispone de datos. En concordancia con las *Directrices del IPCC*, la variación de las reservas de carbono y las emisiones y absorciones de gases distintos del CO₂ no tendrían que evaluarse en la categoría "Otras tierras que siguen siendo otras tierras (OTOT)", suponiendo que normalmente éstas no están gestionadas. En la actualidad no es posible ofrecer orientaciones con respecto a "Otras tierras" que estén gestionadas. La categoría "Otras tierras" se incluye, no obstante, para verificar la coherencia general de las áreas de tierra y para vigilar la evolución de las conversiones en otras tierras y de otras tierras, ya que muchos métodos obligan a conocer las correspondientes reservas de carbono. Es particularmente importante incluir información completa sobre las tierras forestales convertidas para otros tipos de uso, incluida la categoría "Otras tierras", a fin de que exista coherencia con los requisitos de los Capítulos 4 y 5.

3.7.1 Otras tierras que siguen siendo otras tierras

Las variaciones de las reservas de carbono y las emisiones y absorciones de gases distintos del CO₂ no se examinan en esta categoría, como ya se ha señalado.

3.7.2 Tierras convertidas en otras tierras

Aunque es improbable, puede haber conversión de tierras en "Otras tierras", por ejemplo como consecuencia de una deforestación seguida de una degradación. Esta conversión de uso de la tierra, tanto si comienza con una actividad humana como si se debe a una causa natural que afecte a las tierras gestionadas, es necesario calcular las emisiones de CO₂, ya que el proceso de conversión libera el carbono previamente retenido en la tierra, y las emisiones y/o absorciones por efecto de las actividades de gestión cesan. Las emisiones en tierras convertidas en suelos desprovistos de vegetación como consecuencia del desarrollo de asentamientos deberían incluirse en la categoría "Asentamientos" (véase la Sección 3.6.2, Tierras convertidas en asentamientos.).

Es una *buen práctica* estimar la variación de las reservas de carbono asociada a la conversión de todos los tipos de tierras gestionadas en otras tierras. En la Figura 3.1.2 se representa un árbol de decisiones que puede utilizarse para identificar el nivel apropiado para las tierras convertidas en "Otras tierras".

La variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en "Otras tierras" (TOT) se resume en la Ecuación 3.7.1.

<p>ECUACIÓN 3.7.1</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN TIERRAS CONVERTIDAS EN "OTRAS TIERRAS"</p> $\Delta C_{TOT} = \Delta C_{TOT_{BV}} + \Delta C_{TOT_{Suelos}}$
--

Donde:

ΔC_{TOT} = variación anual de las reservas de carbono en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TOT_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{TOT_{Suelos}}$ = variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras convertidas en "Otras tierras", en toneladas de C año⁻¹

3.7.2.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

En esta sección se ofrecen *orientaciones de buenas prácticas* para calcular la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de tierras que se encuentran en estado natural y dedicadas a otros usos en "Otras tierras". En este método, es necesario disponer de estimaciones del carbono presente en las reservas de biomasa viva antes de la conversión, basadas en la estimación de las áreas de tierra convertidas durante el período comprendido entre los estudios sobre el uso de la tierra. Por efecto de la conversión en "Otras tierras", se supone que la vegetación predominante queda totalmente eliminada, de modo que no subsista carbono en la biomasa viva después de la conversión. La diferencia entre los depósitos de carbono en la biomasa viva inicial y final se utiliza para calcular la variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra. En años subsiguientes, no se tienen en cuenta las acumulaciones ni pérdidas en la biomasa viva en la categoría "Otras tierras" (véase la Sección 3.7.1).

3.7.2.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

3.7.2.1.1.1 Elección del método

La Ecuación 3.7.2 resume el método para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en “Otras tierras”. El valor medio de la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie se estima suponiéndolo igual a la variación de las reservas de carbono por efecto de la eliminación de biomasa viva en el uso inicial de la tierra. A partir de la definición de “Otras tierras”, el supuesto por defecto consiste en que las reservas de carbono después de la conversión serán nulas.

ECUACIÓN 3.7.2
VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA, EN TIERRAS
CONVERTIDAS EN “OTRAS TIERRAS”

$$\Delta C_{TOT_{BV}} = S_{Conversión} \bullet (B_{Después} - B_{Antes}) \bullet FC$$

Donde:

$\Delta C_{TOT_{BV}}$ = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en “Otras tierras”, en toneladas de C año⁻¹

$S_{Conversión}$ = superficie de tierra convertida anualmente en “Otras tierras” partiendo de ciertos usos iniciales de la tierra, en ha año⁻¹

$B_{Después}$ = cantidad de biomasa viva inmediatamente después de la conversión en “Otras tierras”, en toneladas m.s. ha⁻¹

B_{Antes} = cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión en “Otras tierras”, en toneladas m.s. ha⁻¹

FC = fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5), en toneladas de C (toneladas m.s.)⁻¹

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 obedecen al planteamiento de las *Directrices del IPCC*, Sección 5.2.3 (Conversión de bosques y praderas), en virtud de las cuales la cantidad de biomasa sobre el suelo que es eliminada se estima multiplicando la superficie de bosque convertida anualmente en otras tierras por el promedio del contenido de carbono anual en la biomasa de las tierras antes de la conversión. Se supone que la totalidad de la biomasa es eliminada en el año de la conversión. El supuesto por defecto recomendado para los cálculos del Nivel 1 consiste en que la totalidad del carbono de la biomasa es liberado a la atmósfera mediante procesos de degradación tanto en el lugar como fuera de lugar.

Nivel 2: Podrá utilizarse un método del Nivel 2 cuando sea posible obtener datos específicos del país sobre las reservas de carbono en el uso inicial de la tierra. Además, en el Nivel 2 las pérdidas de carbono pueden asignarse a determinados procesos de conversión, como la quema o la recolección. De ese modo, es posible estimar más exactamente las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂. (Véase en la Sección 3.2.1.4 el método básico para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ procedentes de la quema de biomasa.) La porción de biomasa eliminada suele utilizarse en forma de productos de madera o como leña. En el caso de los productos de madera, los países podrán considerar, como supuesto por defecto, que el carbono de los productos de madera se oxida en el año de la absorción. Los países pueden consultar también en el Apéndice 3a.1 las técnicas para estimar el almacenamiento de carbono en los productos de la madera recolectada.

Nivel 3: Los métodos del Nivel 3 son similares a los del Nivel 2, aunque requieren un mayor número de datos/información que en este último nivel; por ejemplo:

- Para cada tierra forestal convertida en “Otras tierras” se utilizan las superficies efectivamente convertidas cada año;
- Las densidades de carbono y la variación de las reservas de carbono están basadas en información específica local, posiblemente con un vínculo dinámico entre la biomasa y el suelo; y
- Los volúmenes de biomasa eliminados están basados en inventarios reales y/o en estimaciones obtenidas mediante modelos.

3.7.2.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: Tanto en las *Directrices del IPCC* como en la presente publicación se ofrecen parámetros por defecto para que los países con escasos recursos de datos puedan estimar las emisiones y absorciones procedentes de esa fuente. Para utilizar este método es necesario estimar las reservas de carbono antes de la conversión para el uso inicial de la tierra (C_{Antes}), y suponer que las reservas de carbono después de la conversión ($C_{Después}$) son iguales a 0. Pueden utilizarse los Cuadros 5-4 y 5-6 de las *Directrices del IPCC*, el Cuadro 3A.1.7 (Incremento medio anual neto sobre el suelo, en volumen, en plantaciones por especies) y el Cuadro 3A.1.8 (Relación media biomasa bajo el suelo/biomasa sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales) de esta publicación para estimar las reservas de carbono antes de la conversión en caso de que el uso inicial de la tierra

sea el de tierra forestal. Si la tierra está inicialmente destinada a cultivos o praderas, en las Secciones 3.3.2 o 3.4.2, respectivamente, figuran orientaciones.

Nivel 2: Los valores por defecto de las reservas de carbono indicados en el párrafo anterior pueden aplicarse a ciertos parámetros en el Nivel 2. Sin embargo, el Nivel 2 obliga al menos a disponer de ciertos datos específicos del país, que pueden obtenerse por ejemplo mediante estudios sistemáticos de las reservas de carbono en el bosque inicial y en otras categorías de uso de la tierra. En la Sección 3.2.1.4 se ofrecen parámetros por defecto para las emisiones procedentes de la quema de biomasa. Sin embargo, se sugiere a los encargados de los inventarios que desarrollen coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. El valor por defecto de la proporción de biomasa oxidada por efecto de la quema es 0,9, como se indicaba originalmente en las *Directrices del IPCC*.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deberían ser específicos del país, y más exactos que los valores por defecto.

3.7.2.1.1.3 Elección de datos de actividad

En todos los niveles es necesario algún tipo de estimación de la superficie de tierras convertidas en “Otras tierras” durante un período coherente con los estudios sobre el uso de la tierra. Esas mismas estimaciones de superficie total deberían utilizarse tanto para la biomasa como para el suelo en los cálculos de la variación de las reservas de carbono en tierras convertidas en “Otras tierras”. Como se indica a continuación, en niveles superiores son necesarios valores de superficie más específicos.

Nivel 1: En este nivel son necesarios datos de actividad sobre áreas pertenecientes a diferentes categorías de uso de la tierra y convertidas en “Otras tierras”. Si los países no disponen de esos datos, es posible extrapolar muestras parciales a la totalidad de las tierras o a las estimaciones históricas de las conversiones, basándose en el dictamen de expertos.

Nivel 2: En el Nivel 2, los encargados del inventario deberían tratar de utilizar estimaciones de superficie para las transiciones de diversas categorías de uso de la tierra a la categoría “Otras tierras”. Para abarcar la totalidad de las superficies de tierra pueden utilizarse análisis de imágenes periódicas obtenidas por teledetección o patrones de uso de las tierras y de la cubierta terrestre, muestreos periódicos sobre el terreno de los patrones de uso de la tierra, o sistemas de inventario híbridos.

Nivel 3: Los datos de actividad utilizados en los cálculos del Nivel 3 deberían consistir en un recuento completo de todas las transiciones de categorías de uso de la tierra a otras tierras, y deberían estar desglosados para reflejar diferentes circunstancias dentro de un mismo país. El desglose puede responder a criterios jurisdiccionales (comarcas, provincias, etc.), o a criterios de bioma o clima, o a una combinación de esos parámetros. En muchos casos, podría disponerse de información sobre las tendencias multianuales de la conversión de las tierras (obtenidos de inventarios basados en muestreos o en teledetección sobre los usos de la tierra y la cubierta terrestre).

3.7.2.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: En el Nivel 1, la incertidumbre está vinculada a la utilización de promedios mundiales o nacionales de las reservas de carbono en tierras forestales o en tierras destinadas a otros usos antes de la conversión y en estimaciones groseras de áreas convertidas en “Otras tierras”. La mayoría de los valores por defecto no van acompañados, en este método, de los correspondientes intervalos de error. Por consiguiente, se ha supuesto un nivel de incertidumbre por defecto de +/-75% de las emisiones o absorciones de CO₂, basándose en el dictamen de expertos.

Nivel 2: Las estimaciones de superficie propiamente dichas respecto de las tierras convertidas en “Otras tierras” permitirán un recuento más transparente, y permitirán a los expertos identificar carencias de datos y un doble cómputo de ciertas áreas de tierra. En el Nivel 2 se utilizan al menos algunos valores específicos del país, con lo que mejorará la exactitud de las estimaciones, siempre y cuando representen mejor las condiciones del país. Cuando se desarrollen valores específicos del país, los encargados del inventario deberían utilizar un número suficiente de tamaños y de técnicas de muestreo para reducir al mínimo los errores típicos. Es posible obtener funciones de densidad de probabilidad (es decir, proporcionar estimaciones del valor medio de la varianza) para todos los parámetros específicos del país. Tales datos pueden utilizarse en análisis de incertidumbre avanzados, como las simulaciones de Monte Carlo. Se puede consultar el Capítulo 5 para desarrollar tales análisis. Como mínimo, las metodologías del Nivel 2 deberían proporcionar unos intervalos de error para cada parámetro específico del país.

Nivel 3: Los datos de actividad deberían servir de base para la asignación de estimaciones de incertidumbre a áreas asociadas a conversiones de la tierra. Es posible combinar los factores de emisión/absorción y los datos de actividad, junto con sus incertidumbres correspondientes, mediante procedimientos de Monte Carlo para estimar los valores medios y los intervalos de confianza del inventario total.

3.7.2.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

La conversión de tierras en “Otras tierras” especialmente en suelos sin vegetación, podría originar la liberación de carbono previamente retenido en el suelo de esas tierras. En el caso de las tierras convertidas en “Otras tierras”, los encargados del inventario deberían estimar la variación de las reservas de carbono en suelos minerales para los usos iniciales de la tierra. El valor resultante de las reservas de carbono en suelos minerales en el caso “Otras tierras” puede suponerse igual a 0 en muchas situaciones. Se supone también que la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos no es de interés para los fines de esta sección.

3.7.2.2.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

3.7.2.2.1.1 Elección del método

El método de estimación en el caso de los suelos minerales está basado en la variación de las reservas de carbono en el suelo durante un período finito después de un cambio de gestión que afecte a las reservas de carbono en el suelo, como se indica en la Ecuación 3.7.3. El valor anterior de las reservas de carbono en el suelo ($COS_{(0-T)}$) y el valor de las reservas de carbono en el año de inventario (COS_0) se estiman a partir del valor de referencia de las reservas de carbono (Sección 3.4, Cuadro 3.3.4), aplicado a los valores de tiempo respectivos. El período de tiempo por defecto entre esos dos momentos es de 20 años. Esta metodología es similar a la descrita en la Sección 3.2.2.3 (carbono en los suelos forestales), aunque se supondrá que las reservas de carbono en el suelo en el año de inventario son iguales a 0 para las tierras convertidas en “Otras tierras”.

<p>ECUACIÓN 3.7.3</p> <p>VARIACIÓN ANUAL DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES, EN TIERRAS CONVERTIDAS EN “OTRAS TIERRAS”</p> $\Delta C_{TOT,Minerales} = [(COS_0 - COS_{(0-T)}) \cdot S] / T$ $COS = COS_{REF} \cdot F_{UT} \cdot F_{RG} \cdot F_E$

Donde:

- $\Delta C_{TOT,Minerales}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en “Otras tierras”, en toneladas de C año⁻¹
- COS_0 = reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario, en toneladas de C ha⁻¹
- $COS_{(0-T)}$ = reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del inventario, en toneladas de C ha⁻¹
- T = período de tiempo que dura la conversión, en años (valor por defecto: 20 años)
- S = superficie de cada parcela, en ha
- COS_{REF} = valor de referencia de las reservas de carbono, en toneladas de C ha⁻¹; véase el Cuadro 3.3.3
- F_{UT} = factor de variación de las reservas correspondiente al tipo de uso de la tierra o al tipo de cambio de uso de la tierra, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4
- F_{RG} = factor de variación de las reservas correspondiente al régimen de gestión, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4
- F_E = factor de variación de las reservas correspondiente al aporte de materia orgánica, sin dimensiones; véase el Cuadro 3.3.4

Nivel 1: Los métodos del Nivel 1 utilizan valores de referencia por defecto de las reservas de carbono en suelos minerales con vegetación nativa (véase el Cuadro 3.3.3) y estimaciones groseras de áreas convertidas en “Otras tierras”. Las reservas de carbono en el suelo después de la conversión se suponen iguales a 0 para la categoría “Otras tierras”, como en el caso de los suelos sin vegetación o degradados, o en el caso de los desiertos.

Nivel 2: En el Nivel 2 se utilizan valores de referencia específicos del país o de la región para las reservas de carbono, y los datos sobre la actividad de uso de la tierra están más desglosados.

Nivel 3: En el Nivel 3 pueden utilizarse diversos tipos de datos más detallados y específicos del país, así como metodologías basadas en modelos y/o mediciones, junto con datos muy desglosados sobre el uso y gestión de la tierra. En todos los niveles, se supondrá que las reservas de carbono en el suelo en el año de inventario son iguales a 0 por efecto de su conversión en la categoría “Otras tierras”.

3.7.2.2.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

Suelos minerales

Al utilizar un método del Nivel 1 o del Nivel 2 se necesitarán las variables siguientes:

Valor de referencia de las reservas de carbono (COS_{REF})

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar el valor de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.3.3.

Nivel 2: Para utilizar un método del Nivel 2, puede determinarse el valor de referencia de las reservas de carbono en el suelo a partir de mediciones en el suelo, por ejemplo en el marco de los estudios y actividades de cartografía de suelos del país.

Factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_{E})

Nivel 1: En el Nivel 1, es una *buena práctica* utilizar los valores por defecto de los factores de variación de las reservas (F_{UT} , F_{RG} , F_{E}) indicados en el Cuadro 3.3.4. Se trata de valores actualizados de las *Directrices del IPCC*, basados en un análisis estadístico de investigaciones publicadas. Obsérvese que, cuando las tierras son convertidas en “Otras tierras”, todos los factores de variación de las reservas son iguales a 1, de tal modo que las reservas de carbono en el suelo antes de la conversión son iguales a los valores de referencia para la vegetación nativa (COS_{Ref}).

Nivel 2: En los métodos del Nivel 2, la estimación de los factores de variación de las reservas específicos del país para la conversión de tierras en tierras agrícolas estará basada normalmente en comparaciones de pares de parcelas que representan tierras convertidas y no convertidas, de tal manera que todos los factores excepto el historial de usos de la tierra sean lo más similares posible (p. ej., Davidson y Ackermann, 1992).

3.7.2.2.1.3 Elección de datos de actividad

Es una *buena práctica* que los encargados del inventario utilicen las mismas estimaciones de superficie para las tierras convertidas en “Otras tierras” con objeto de estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva y en los suelos. En la Sección 3.7.2.1.1.3 se describen algunas cuestiones generales con respecto a los datos de actividad. Con miras a estimar la variación de las reservas de carbono en el suelo, las estimaciones de superficie correspondientes a las conversiones de tierras en “Otras tierras” deberían estratificarse en función de los principales tipos de suelos, como se ha definido para el Nivel 1, o deberían estar basadas en estratificaciones específicas del país si se utilizan con el Nivel 2 ó 3. Para este procedimiento pueden utilizarse superposiciones con mapas de suelos adecuados y datos espacialmente explícitos sobre la ubicación de las conversiones de tierras.

3.7.2.2.1.4 Evaluación de la incertidumbre

La incertidumbre se deriva de la utilización de tasas medias mundiales o nacionales de conversión, y en estimaciones de áreas de tierra convertidas en “Otras tierras”. Además, la circunstancia de utilizar parámetros por defecto de las reservas de carbono en el estado inicial y final contribuye a unos niveles relativamente altos de incertidumbre. En este método, los valores por defecto conllevan intervalos de error, y figuran en los cuadros de valores por defecto.

La utilización de estimaciones de superficie propiamente dichas en lugar de tasas medias de conversión mejorará la exactitud de las estimaciones. Además, un seguimiento a lo largo del tiempo de cada superficie de tierra para todas las posibles transiciones de uso de la tierra permitirá una contabilidad más transparente y permitirá a los expertos identificar lagunas de datos y áreas contabilizadas varias veces.

3.7.3 Exhaustividad

En las metodologías de inventario, se considera que la superficie total de la categoría “Otras tierras” es la suma de “Otras tierras” que siguen siendo otras tierras y de las tierras convertidas en “Otras tierras” durante ese período. Se sugiere a los encargados del inventario que vigilen la evolución del área total de tierra clasificada como “Otras tierras” dentro de las fronteras del país, y que lleven registros transparentes sobre las partes de tierras utilizadas para estimar la variación de las reservas de carbono. Como ya se ha indicado en el Capítulo 2, todas las áreas, incluidas las no contempladas en el inventario de gases de efecto invernadero, deberían estar sujetas a comprobaciones de coherencia para evitar su doble cómputo u omisión. Cuando a las estimaciones de superficie de “Otras tierras” se suman las superficies de la categoría “Otras tierras”, es posible realizar una evaluación completa de la totalidad de las tierras incluidas en el informe de inventario de los países para el sector de UTCUTS.

3.7.4 Elaboración de una serie temporal coherente

Es una *buena práctica* que los responsables del inventario lleven registros cronológicos de las superficies de la categoría “Otras tierras” utilizadas en los informes de inventario. En tales registros debería vigilarse la evolución del área total clasificada como “Otras tierras”, tal y como figura en el inventario, subdividida en “Otras tierras” que siguen siendo otras tierras y en tierras convertidas en “Otras tierras”.

3.7.5 Presentación de informes y documentación

Las categorías descritas en la presente sección pueden notificarse utilizando los cuadros de notificación del Anexo 3AA.2. Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para producir las estimaciones del inventario nacional. Las fuentes de metadatos y de datos utilizadas para estimar parámetros específicos del país deberían estar documentadas, y deberían ofrecerse tanto estimaciones del valor medio como de la varianza. Deberían archivar las bases de datos y los procedimientos efectivamente utilizados para procesar los datos (p. ej., en forma de programas estadísticos) a fin de estimar los factores específicos del país. Deberían documentarse y archivar los datos de actividad y las definiciones utilizadas para clasificar o totalizar los datos de actividad.

3.7.6 Garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC)

Es una *buena práctica* efectuar comprobaciones de control de calidad y revisiones por expertos externos de las estimaciones y datos del inventario. Debería dedicarse especial atención a las estimaciones específicas del país de los factores de variación de las reservas y de los factores de emisión para asegurarse de que están basadas en datos de gran calidad y en la opinión verificable de expertos.

Anexo 3A.1 Cuadros de valores por defecto de la biomasa para la Sección 3.2, Tierras forestales

Índice

En qué casos utilizar los cuadros	3.163
Cuadro 3A.1.1 Variación de la superficie forestal	3.164
Cuadro 3A.1.2 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques regenerados naturalmente, por categorías generales	3.168
Cuadro 3A.1.3 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques de plantación, por categorías generales	3.169
Cuadro 3A.1.4 Volumen 1) de madera en pie y contenido 2) de la biomasa sobre el suelo (materia seca) en los bosques en 2000, en promedio.	3.170
Cuadro 3A.1.5 Incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales	3.174
Cuadro 3A.1.6 Incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo en las plantaciones, por categorías generales	3.175
Cuadro 3A.1.7 Incremento medio anual neto sobre el suelo, en volumen, en plantaciones por especies	3.178
Cuadro 3A.1.8 Relación media biomasa bajo el suelo/sobre el suelo (relación raíz–vástago, R) en la regeneración natural, por categorías generales	3.179
Cuadro 3A.1.9-1 Densidades de madera básicas de troncos para las especies de regiones boreales y templadas.....	3.182
Cuadro 3A.1.9-2 Densidades de madera básicas (D) de troncos para especies arbóreas tropicales	3.183
Cuadro 3A.1.10 Valores por defecto de los factores de expansión de la biomasa (FEB)	3.189
Cuadro 3A.1.11 Valores por defecto de la fracción de la recolección total que se descompone en los bosques, f_{BD}	3.189
Cuadro 3A.1.12 Valores del factor de combustión (proporción de biomasa consumida antes de la combustión) para los incendios en diversos tipo de vegetación.	3.190
Cuadro 3A.1.13 Valores del consumo de biomasa para los incendios en diversos tipos de vegetación.....	3.191
Cuadro 3A.1.14 Eficiencia de combustión (proporción de combustible disponible efectivamente quemado) para las quemas de desbroce, y para las quemas de tala intensiva en diversos tipos de vegetación y condiciones de quema.....	3.195
Cuadro 3A.1.15 Coeficientes de emisión para la quema a cielo abierto de bosques talados	3.196
Cuadro 3A.1.16 Factores de emisión aplicable a los combustibles quemados en diversos tipos de incendios de vegetación.....	3.196

En qué casos utilizar los cuadros

Cuadro	Aplicación
Cuadro 3A.1.1 Variación de la superficie forestal	Sirve para verificar 'S' en la Ecuación 3.2.4
Cuadro 3A.1.2 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques regenerados naturalmente, por categorías generales	Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'
Cuadro 3A.1.3 Reservas de biomasa sobre el suelo en bosques de plantación, por categorías generales	Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'
Cuadro 3A.1.4 Volumen 1) de madera en pie y contenido 2) de la biomasa sobre el suelo en los bosques en 2000, en promedio	(1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3. (2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.
Cuadro 3A.1.5 Incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales	Sirve para el valor de C_w en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.6 Incremento medio anual de la biomasa sobre el suelo en las plantaciones, por categorías generales	Sirve para el valor de C_w en la Ecuación 3.2.5. Si faltasen valores, sería preferible utilizar el incremento de volumen de tallos I_v del Cuadro 3A.1.7
Cuadro 3A.1.7 Incremento medio anual neto sobre el suelo, en volumen, en plantaciones por especies	Sirve para el valor de I_v en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.8 Relación media biomasa bajo el suelo/sobre el suelo en la regeneración natural, por categorías generales	Sirve para el valor de R en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.9 –1 Densidades de madera básicas de troncos para las especies de regiones boreales y templadas	Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3., 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8
Cuadro 3A.1.9-2 Densidades de madera básicas (D) de los troncos para especies de árboles tropicales	Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3., 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8
Cuadro 3A.1.10 Valores por defecto de los factores de expansión de la biomasa (FEB)	FEB ₂ ha de utilizarse en relación con los datos de la biomasa en pie en la Ecuación 3.2.3; y FEB ₁ ha de utilizarse en relación con los datos incrementales en la Ecuación 3.2.5
Cuadro 3A.1.11 Valores por defecto de la fracción de la recolección total que se descompone en los bosques	Sirve sólo para f_{BD} en la Ecuación 3.2.7
Cuadro 3A.1.12 Valores del factor de combustión (proporción de biomasa consumida antes de la combustión) para los incendios en diversos tipos de vegetación	Los valores de la columna 'valor medio' pueden utilizarse para el valor de $(1-f_{BD})$ en la Ecuación 3.2.9, y para ρ_{quemada} en el lugar en la Ecuación 3.3.10
Cuadro 3A.1.13 Valores de consumo de biomasa para los incendios en diversos tipos de vegetación	Ha de utilizarse en la Ecuación 3.2.9 para la parte de la ecuación: ' $B_w \cdot (1 - f_{BD})$ ', es decir, es una cantidad absoluta
Cuadro 3A.1.14 Eficiencia de combustión (proporción de combustible disponible efectivamente quemado) para las quemas de desbroce, y para las quemas de tala intensiva en diversos tipos de vegetación y condiciones de quema.	Sirve para las secciones 'Tierras forestales convertidas en tierras agrícolas', 'convertidas en praderas', o 'convertidas en asentamientos u otras tierras'
Cuadro 3A.1.15 Coeficientes de emisión para la quema a cielo abierto de bosques talados	Sirve para la Ecuación 3.2.19
Cuadro 3A.1.16 Factores de emisión aplicables a los combustibles quemados en diversos tipos de incendios de vegetación	Ha de utilizarse en relación con la Ecuación 3.2.20

CUADRO 3A.1.1 VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)					CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)				
a. ÁFRICA					a. ÁFRICA (Continuación)				
País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000		País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación		1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha/año	% / año		Miles ha	Miles ha	Miles ha/año	% / año
Argelia	1 879	2 145	27	1,3	Madagascar	12 901	11 727	-117	-0,9
Angola	70 998	69 756	-124	-0,2	Malawi	3 269	2 562	-71	-2,4
Benin	3 349	2 650	-70	-2,3	Malí	14 179	13 186	-99	-0,7
Botswana	13 611	12 427	-118	-0,9	Mauritania	415	317	-10	-2,7
Burkina Faso	7 241	7 089	-15	-0,2	Mauricio	17	16	n.e.	-0,6
Burundi	241	94	-15	-9,0	Marruecos	3 037	3 025	-1	n.e.
Camerún	26 076	23 858	-222	-0,9	Mozambique	31 238	30 601	-64	-0,2
Cabo Verde	35	85	5	9,3	Namibia	8 774	8 040	-73	-0,9
República Centroafricana	23 207	22 907	-30	-0,1	Níger	1 945	1 328	-62	-3,7
Chad	13 509	12 692	-82	-0,6	Nigeria	17 501	13 517	-398	-2,6
Comoras	12	8	n.e.	-4,3	Reunión	76	71	-1	-0,8
Congo	22 235	22 060	-17	-0,1	Rwanda	457	307	-15	-3,9
Côte d'Ivoire	9 766	7 117	-265	-3,1	Santa Elena	2	2	n.e.	n.e.
Rep. Dem. del Congo	140 531	135 207	-532	-0,4	Santo Tomé y Príncipe	27	27	n.e.	n.e.
Djibouti	6	6	n.e.	n.e.	Senegal	6 655	6 205	-45	-0,7
Egipto	52	72	2	3,3	Seychelles	30	30	n.e.	n.e.
Guinea Ecuatorial	1 858	1 752	-11	-0,6	Sierra Leona	1 416	1 055	-36	-2,9
Eritrea	1 639	1 585	-5	-0,3	Somalia	8 284	7 515	-77	-1,0
Etiopía	4 996	4 593	-40	-0,8	Sudáfrica	8 997	8 917	-8	-0,1
Gabón	21 927	21 826	-10	n.e.	Sudán	71 216	61 627	-959	-1,4
Gambia	436	481	4	1,0	Swazilandia	464	522	6	1,2
Ghana	7 535	6 335	-120	-1,7	Togo	719	510	-21	-3,4
Guinea	7 276	6 929	-35	-0,5	Túnez	499	510	1	0,2
Guinea-Bissau	2 403	2 187	-22	-0,9	Uganda	5 103	4 190	-91	-2,0
Kenya	18 027	17 096	-93	-0,5	República Unida de Tanzania	39 724	38 811	-91	-0,2
Lesotho	14	14	n.e.	n.e.	Sahara Occidental	152	152	n.e.	n.e.
Liberia	4 241	3 481	-76	-2,0	Zambia	39 755	31 246	-851	-2,4
Jamahiriyá Árabe Libia	311	358	5	1,4	Zimbabwe	22 239	19 040	-320	-1,5

n.e. - no especificado
 Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs.
 (www.fao.org/organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

n.e. - no especificado
 Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs.
 (www.fao.org/organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)				
b. ASIA				
País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Afganistán	1 351	1 351	n.e.	n.e.
Armenia	309	351	4	1,3
Azerbaiyán	964	1 094	13	1,3
Bahrein	n.e.	n.e.	n.e.	14,9
Bangladesh	1 169	1 334	17	1,3
Bhután	3 016	3 016	n.e.	n.e.
Brunei Darussalam	452	442	-1	-0,2
Camboya	9 896	9 335	-56	-0,6
China	145 417	163 480	1 806	1,2
Chipre	119	172	5	3,7
Rep. Pop. Dem. de Corea	8 210	8 210	n.e.	n.e.
Timor Oriental	541	507	-3	-0,6
Banda de Gaza	-	-	-	-
Georgia	2 988	2 988	n.e.	n.e.
India	63 732	64 113	38	0,1
Indonesia	118 110	104 986	-1 312	-1,2
Irán, República Islámica	7 299	7 299	n.e.	n.e.
Iraq	799	799	n.e.	n.e.
Israel	82	132	5	4,9
Japón	24 047	24 081	3	n.e.
Jordania	86	86	n.e.	n.e.
Kazajstán	9 758	12 148	239	2,2
Kuwait	3	5	n.e.	3,5
Kirguistán	775	1 003	23	2,6
Rep. Dem. Pop. Lao	13 088	12 561	-53	-0,4
Líbano	37	36	n.e.	-0,4
Malasia	21 661	19 292	-237	-1,2
Maldivas	1	1	n.e.	n.e.
Mongolia	11 245	10 645	-60	-0,5
Myanmar	39 588	34 419	-517	-1,4
Nepal	4 683	3 900	-78	-1,8
Omán	1	1	n.e.	5,3
Pakistán	2 755	2 361	-39	-1,5
Filipinas	6 676	5 789	-89	-1,4
Qatar	n.e.	1	n.e.	9,6
n.e. - no especificado Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.fao.org/organización/forestry/fo/fra/index.jsp)				

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)				
b. ASIA (Continuación)				
País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
República de Corea	6 299	6 248	-5	-0,1
Arabia Saudita	1 504	1 504	n.e.	n.e.
Singapur	2	2	n.e.	n.e.
Sri Lanka	2 288	1 940	-35	-1,6
República Árabe Siria	461	461	n.e.	n.e.
Tayikistan	380	400	2	0,5
Tailandia	15 886	14 762	-112	-0,7
Turquía	10 005	10 225	22	0,2
Turkmenistán	3 755	3 755	n.e.	n.e.
Emiratos Árabes Unidos	243	321	8	2,8
Uzbekistán	1 923	1 969	5	0,2
Viet Nam	9 303	9 819	52	0,5
Ribera Occidental	-	-	-	-
Yemen	541	449	-9	-1,9
c. OCEANÍA				
Samoa Americana	12	12	n.e.	n.e.
Australia	157 359	154 539	-282	-0,2
Islas Cook	22	22	n.e.	n.e.
Fiji	832	815	-2	-0,2
Polinesia Francesa	105	105	n.e.	n.e.
Guam	21	21	n.e.	n.e.
Kiribati	28	28	n.e.	n.e.
Islas Marshall	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Micronesia	24	15	-1	-4,5
Nauru	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Nueva Caledonia	372	372	n.e.	n.e.
Nueva Zelandia	7 556	7 946	39	0,5
Niue	6	6	n.e.	n.e.
Islas Marianas Septentr.	14	14	n.e.	n.e.
Palau	35	35	n.e.	n.e.
Papua Nueva Guinea	31 730	30 601	-113	-0,4
Samoa	130	105	-3	-2,1
Islas Salomón	2 580	2 536	-4	-0,2
Tonga	4	4	n.e.	n.e.
Vanuatu	441	447	1	0,1
n.e. - no especificado Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.fao.org/organización/forestry/fo/fra/index.jsp)				

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)				
d. EUROPA				
País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Albania	1 069	991	-8	-0,8
Andorra	-	-	-	-
Austria	3 809	3 886	8	0,2
Belarús	6 840	9 402	256	3,2
Bélgica y Luxemburgo	741	728	-1	-0,2
Bosnia y Herzegovina	2 273	2 273	n.e.	n.e.
Bulgaria	3 486	3 690	20	0,6
Croacia	1 763	1 783	2	0,1
República Checa	2 627	2 632	1	n.e.
Dinamarca	445	455	1	0,2
Estonia	1 935	2 060	13	0,6
Finlandia	21 855	21 935	8	n.e.
Francia	14 725	15 341	62	0,4
Alemania	10 740	10 740	n.e.	n.e.
Grecia	3 299	3 599	30	0,9
Hungría	1 768	1 840	7	0,4
Islandia	25	31	1	2,2
Irlanda	489	659	17	3,0
Italia	8 737 ¹	10 003	30	0,3
Letonia	2 796	2 923	13	0,4

¹ El valor correspondiente a Italia ha sido proporcionado por ese país, y está indicado en su Tercera Comunicación Nacional a la CMNU.

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs.
(www.fao.org/organización/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)				
d. EUROPA				
País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Liechtenstein	6	7	n.e.	1,2
Lituania	1 946	1 994	5	0,2
Malta	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Países Bajos	365	375	1	0,3
Noruega	8 558	8 868	31	0,4
Polonia	8 872	9 047	18	0,2
Portugal	3 096	3 666	57	1,7
República de Moldova	318	325	1	0,2
Rumania	6 301	6 448	15	0,2
Federación de Rusia	850 039	851 392	135	n.s
San Marino	-	-	-	-
Eslovaquia	1 997	2 177	18	0,9
Eslovenia	1 085	1 107	2	0,2
España	13 510	14 370	86	0,6
Suecia	27 128	27 134	1	n.e.
Suiza	1 156	1 199	4	0,4
Ex República Yugoslava de Macedonia	906	906	n.e.	n.e.
Ucrania	9 274	9 584	31	0,3
Reino Unido	2 624	2 794	17	0,6
Yugoslavia	2 901	2 887	-1	-0,1

n.e. - no especificado
Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp)

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)				
e. AMÉRICA DEL NORTE Y CENTRAL				
País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Antigua y Barbuda	9	9	n.e.	n.e.
Bahamas	842	842	n.e.	n.e.
Barbados	2	2	n.e.	n.e.
Belice	1 704	1 348	-36	-2,3
Bermuda	-	-	-	-
Islas Vírgenes Brit.	3	3	n.e.	n.e.
Canadá	244 571	244 571	n.e.	n.e.
Islas Caimán	13	13	n.e.	n.e.
Costa Rica	2 126	1 968	-16	-0,8
Cuba	2 071	2 348	28	1,3
Domínica	50	46	n.e.	-0,7
República Dominicana	1 376	1 376	n.e.	n.e.
El Salvador	193	121	-7	-4,6
Groenlandia	-	-	-	-
Granada	5	5	n.e.	0,9
Guadalupe	67	82	2	2,1
Guatemala	3 387	2 850	-54	-1,7
Haití	158	88	-7	-5,7
Honduras	5 972	5 383	-59	-1,0
Jamaica	379	325	-5	-1,5
Martinica	47	47	n.e.	n.e.
México	61 511	55 205	-631	-1,1
Montserrat	3	3	n.e.	n.e.
Antillas Neerlandesas	1	1	n.e.	n.e.
Nicaragua	4 450	3 278	-117	-3,0
Panamá	3 395	2 876	-52	-1,6
Puerto Rico	234	229	-1	-0,2
Saint Kitts y Nevis	4	4	n.e.	-0,6
Santa Lucía	14	9	-1	-4,9
Saint Pierre et Miquelón	-	-	-	-
San Vicente y las Granadinas	7	6	n.e.	-1,4
Trinidad y Tabago	281	259	-2	-0,8
Estados Unidos	222 113	225 993	388	0,2
Islas Vírgenes de los EE.UU.	14	14	n.e.	n.e.
n.e. - no especificado Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.FAO.org/forestry/fo/fra/index.jsp)				

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL (Sirve para verificar el valor de 'S' en la Ecuación 3.2.4)				
f. AMÉRICA DEL SUR				
País	Superficie forestal total		Variación de la superficie forestal 1990-2000	
	1990	2000	Variación anual	Tasa de variación
	Miles ha	Miles ha	Miles ha /año	% / año
Argentina	37 499	34 648	-285	-0,8
Bolivia	54 679	53 068	-161	-0,3
Brasil	566 998	543 905	-2 309	-0,4
Chile	15 739	15 536	-20	-0,1
Colombia	51 506	49 601	-190	-0,4
Ecuador	11 929	10 557	-137	-1,2
Islas Malvinas (Falkland Islands)	-	-	-	-
Guyana Francesa	7 926	7 926	n.e.	n.e.
Guyana	17 365	16 879	-49	-0,3
Paraguay	24 602	23 372	-123	-0,5
Perú	67 903	65 215	-269	-0,4
Suriname	14 113	14 113	n.e.	n.e.
Uruguay	791	1 292	50	5,0
Venezuela	51 681	49 506	-218	-0,4
n.e. - no especificado Fuente: ERF 2000 y Documento de trabajo 59, Programa ERF, Departamento de Montes de la FAO, Roma, 2001, 69 págs. (www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp)				

CUADRO 3A.1.2 RESERVAS DE BIOMASA SOBRE EL SUELO EN BOSQUES REGENERADOS NATURALMENTE, POR CATEGORÍAS GENERALES (toneladas de materia seca/ha)						
(Sirve para el valor de Bw en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_2 o a C_1 en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques')						
Bosques tropicales ¹						
	Muy húmedo	Húmedo con estación seca corta	Húmedo con estación seca larga	Seco	Montano húmedo	Montano seco
África	310 (131 - 513)	260 (159 - 433)	123 (120 - 130)	72 (16 - 195)	191	40
Asia y Oceanía:						
Continental	275 (123 - 683)	182 (10 - 562)	127 (100 - 155)	60	222 (81 - 310)	50
Insular	348 (280 - 520)	290	160	70	362 (330 - 505)	50
América	347 (118 - 860)	217 (212 - 278)	212 (202 - 406)	78 (45 - 90)	234 (48 - 348)	60
Bosques de región templada						
Clase de edad	Coníferas		Hoja ancha		Mixtos Hoja ancha-Coníferas	
Eurasia y Oceanía						
≤20 años	100 (17 - 183)		17		40	
>20 años	134 (20 - 600)		122 (18 - 320)		128 (20-330)	
América						
≤20 años	52 (17-106)		58 (7-126)		49 (19-89)	
>20 años	126 (41-275)		132 (53-205)		140 (68-218)	
Bosques de región boreal						
Clase de edad	Mixtos Hoja ancha-Coníferas		Coníferas		Bosque-Tundra	
Eurasia						
≤20 años	12		10		4	
>20 años	50		60 (12,3-131)		20 (21- 81)	
América						
≤20 años	15		7		3	
>20 años	40		46		15	
Nota: Los datos se han indicado como valor medio, y como escalas de valores posibles (entre paréntesis). ¹ La definición de los tipos de bosque y los ejemplos por regiones se ilustran en el Recuadro 2 y en los Cuadros 5-1, p 5.7-5.8 de las <i>Directrices del IPCC (1996)</i> .						

CUADRO 3A.1.3 RESERVAS DE BIOMASA SOBRE EL SUELO EN BOSQUES DE PLANTACIÓN, POR CATEGORÍAS GENERALES (toneladas de materia seca/ha)							
(Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_2 o a C_1 en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques')							
Bosques tropicales y subtropicales							
	Clase de edad	Muy húmedo	Húmedo con estación seca corta	Húmedo con estación seca larga	Seco	Montano húmedo	Montano Seco
		P > 2000	2000>P>1000		P<1000	P>1000	P<1000
África							
Hoja ancha spp	≤20 años	100	80	30	20	100	40
	>20 años	300	150	70	20	150	60
Pinus sp	≤20 años	60	40	20	15	40	10
	>20 años	200	120	60	20	100	30
Asia:							
Hoja ancha	Todas	220	180	90	40	150	40
Otras especies	Todas	130	100	60	30	80	25
América							
Pinus	Todas	300	270	110	60	170	60
Eucalipto	Todas	200	140	110	60	120	30
Tectona	Todas	170	120	90	50	130	30
Otras, hoja ancha	Todas	150	100	60	30	80	30
Bosques de región templada							
	Clase de edad	Pino		Otras Coníferas	Hoja caduca		
Eurasia							
Marítimo	≤20 años	40		40	30		
	>20 años	150		250	200		
Continental	≤20 años	25		30	15		
	>20 años	150		200	200		
Mediterráneo y estepario	≤20 años	17		20	10		
	>20 años	100		120	80		
América del Sur	Todas	100		120	90		
América del Norte	Todas	175 (50–275)		300	–		
Bosques de región boreal							
	Clase de edad	Pino		Otras Coníferas	Hoja caduca		
Eurasia							
	≤20 años	5		5	5		
	>20 años	40		40	25		
América del Norte	Todas	50		40	25		

CUADRO 3A.1.4
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{12} o a C_{11} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

a. ÁFRICA			
País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Argelia	44	75	IN
Angola	39	54	IN
Benin	140	195	IP
Botswana	45	63	IN
Burkina Faso	10	16	IN
Burundi	110	187	ES
Camerún	135	131	IP
Cabo Verde	83	127	ES
República Centrafricana	85	113	IP/EX
Chad	11	16	ES
Comoras	60	65	ES
Congo	132	213	EX
Côte d'Ivoire	133	130	IP
Rep. Dem. del Congo	133	225	IN
Djibouti	21	46	ES
Egipto	108	106	ES
Guinea Ecuatorial	93	158	IP
Eritrea	23	32	IN
Etiopía	56	79	IP
Gabón	128	137	ES
Gambia	13	22	IN
Ghana	49	88	ES
Guinea	117	114	IP
Guinea-Bissau	19	20	IN
Kenya	35	48	ES
Lesotho	34	34	ES
Liberia	201	196	ES
Jamahiriyá Árabe Libia	14	20	ES

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.

2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{\text{conversión}}$ en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{12} o a C_{11} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

a. ÁFRICA (Continuación)			
País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Madagascar	114	194	IN
Malawi	103	143	IN
Malí	22	31	IP
Mauritania	4	6	ES
Mauricio	88	95	ES
Marruecos	27	41	IN
Mozambique	25	55	IN
Namibia	7	12	IP
Níger	3	4	IP
Nigeria	82	184	ES
Reunión	115	160	ES
Rwanda	110	187	ES
Santa Elena			
Santo Tomé y Príncipe	108	116	IN
Senegal	31	30	IN
Seychelles	29	49	ES
Sierra Leona	143	139	ES
Somalia	18	26	ES
Sudáfrica	49	81	EX
Sudán	9	12	ES
Swazilandia	39	115	IN
Togo	92	155	IP
Túnez	18	27	IN
Uganda	133	163	IN
República Unida de Tanzania	43	60	IN
Sahara Occidental	18	59	IN
Zambia	43	104	ES
Zimbabwe	40	56	IN

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)				CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN) VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)			
1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.				1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.			
2) Sirve para el valor de B _w en la Ecuación 3.2.9, de T _{conversión} en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de T _{conversión} en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C ₁₂ o a C ₁₁ en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.				2) Sirve para el valor de B _w en la Ecuación 3.2.9, de T _{conversión} en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de T _{conversión} en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C ₁₂ o a C ₁₁ en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.			
b. ASIA				b. ASIA (Continuación)			
País	Volumen (sobre el suelo)	Biomasa (sobre el suelo)	Información	País	Volumen (sobre el suelo)	Biomasa (sobre el suelo)	Información
	m ³ / ha	t / ha	Fuente		m ³ / ha	t / ha	Fuente
Afganistán	22	27	FAO	Qatar	13	12	FAO
Armenia	128	66	FAO	República de Corea	58	36	IN
Azerbaiyán	136	105	FAO	Arabia Saudita	12	12	FAO
Bahrein	14	14	FAO	Singapur	119	205	FAO
Bangladesh	23	39	FAO	Sri Lanka	34	59	FAO
Bhután	163	178	FAO	Rep. Árabe Siria	29	28	FAO
Brunei Darussalam	119	205	FAO	Tayikistán	14	10	FAO
Camboya	40	69	FAO	Tailandia	17	29	IN
China	52	61	IN	Turquía	136	74	FAO
Chipre	43	21	FAO	Turkmenistán	4	3	FAO
Rep. Pop. Dem. de Corea	41	25	ES	Emiratos Árabes Unidos	-	-	-
Timor Oriental	79	136	FAO	Uzbekistán	6	-	FAO
Banda de Gaza				Viet Nam	38	66	ES
Georgia	145	97	FAO	Ribera Occidental	-	-	-
India	43	73	IN	Yemen	14	19	FAO
Indonesia	79	136	FAO				
Irán, Rep. Islámica	86	149	FAO	CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN) VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)			
Iraq	29	28	FAO	1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.			
Israel	49	-	FAO	2) Sirve para el valor de B _w en la Ecuación 3.2.9, de T _{conversión} en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de T _{conversión} en la Ecuación 3.4.13 de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C ₁₂ o a C ₁₁ en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.			
Japón	145	88	FAO	c. OCEANÍA			
Jordania	38	37	FAO				
Kazajstán	35	18	FAO				
Kuwait	21	21	FAO				
Kirguistán	32	-	FAO				
Rep. Dem. Pop. Lao	29	31	IN				
Líbano	23	22	FAO				
Malasia	119	205	ES				
Maldivas	-	-	-				
Mongolia	128	80	IN				
Myanmar	33	57	IN				
Nepal	100	109	IP				
Omán	17	17	FAO				
Pakistán	22	27	FAO				
Filipinas	66	114	IN				
Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)				Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)			

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.
 2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

c.OCEANÍA (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Kiribati	-	-	-
Islas Marshall	-	-	-
Micronesia	-	-	-
Nauru	-	-	-
Nueva Caledonia	-	-	-
Nueva Zelandia	321	217	FAO
Niue	-	-	-
Islas Marianas Septentr.	-	-	-
Palau	-	-	-
Papua Nueva Guinea	34	58	IN
Samoa	-	-	-
Islas Salomón	-	-	-
Tonga	-	-	-
Vanuatu	-	-	-

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.
 2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

d. EUROPA

País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Albania	81	58	FAO
Andorra	0	0	FAO
Austria	286	250	FAO
Belarús	153	80	FAO
Bélgica y Luxemburgo	218	101	FAO
Bosnia y Herzegovina	110	-	FAO
Bulgaria	130	76	FAO

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.
 2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

d. EUROPA (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Información Fuente
Croacia	201	107	FAO
República Checa	260	125	FAO
Dinamarca	124	58	FAO
Estonia	156	85	FAO
Finlandia	89	50	IN
Francia	191	92	FAO
Alemania	268	134	FAO
Grecia	45	25	FAO
Hungría	174	112	FAO
Islandia	27	17	FAO
Irlanda	74	25	FAO
Italia	145	74	FAO
Letonia	174	93	FAO
Liechtenstein	254	119	FAO
Lituania	183	99	FAO
Malta	232		FAO
Países Bajos	160	107	FAO
Noruega	89	49	FAO
Polonia	213	94	FAO
Portugal	82	33	FAO
República de Moldova	128	64	FAO
Rumania	213	124	FAO
Federación de Rusia	105	56	FAO
San Marino	0	0	FAO
Eslovaquia	253	142	FAO
Eslovenia	283	178	FAO
España	44	24	FAO
Suecia	107	63	IN
Suiza	337	165	FAO
Ex República Yugoslava de Macedonia	70	-	FAO
Ucrania	179	-	FAO
Reino Unido	128	76	FAO
Yugoslavia	111	23	FAO

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

**CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA
BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES
EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)**

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.
2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

e. AMÉRICA DEL NORTE Y CENTRAL

País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor- mación Fuente
Antigua y Barbuda	116	210	ES
Bahamas	-	-	-
Barbados	-	-	-
Belice	202	211	ES
Bermuda	-	-	-
Islas Vírgenes Británicas	-	-	-
Canadá	120	83	FAO
Islas Caimán	-	-	-
Costa Rica	211	220	ES
Cuba	71	114	IN
Dominica	91	166	ES
República Dominicana	29	53	ES
El Salvador	223	202	FAO
Groenlandia	-	-	-
Granada	83	150	IP
Guadalupe	-	-	-
Guatemala	355	371	ES
Haití	28	101	ES
Honduras	58	105	ES
Jamaica	82	171	ES
Martinica	5	5	ES
México	52	54	IN
Montserrat	-	-	-
Antillas Neerlandesas	-	-	-
Nicaragua	154	161	ES
Panamá	308	322	ES
Puerto Rico	-	-	-
Saint Kitts y Nevis	-	-	-
Santa Lucía	190	198	ES
Saint Pierre y Miquelón	-	-	-

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

**CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA
BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES
EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)**

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.
2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

e. AMÉRICA DEL NORTE Y CENTRAL (Continuación)

País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor- mación Fuente
San Vicente y las Granadinas	166	173	IN
Trinidad y Tabago	71	129	ES
Estados Unidos	136	108	FAO
Islas Vírgenes de los EE.UU.	-	-	-

**CUADRO 3A.1.4 (CONTINUACIÓN)
VOLUMEN 1) DE MADERA EN PIE Y CONTENIDO 2) DE LA
BIOMASA SOBRE EL SUELO (MATERIA SECA) EN LOS BOSQUES
EN 2000, EN PROMEDIO. (FUENTE: ERF 2000)**

1) Sirve para el valor de V en la Ecuación 3.2.3.
2) Sirve para el valor de B_w en la Ecuación 3.2.9, de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.3.8 de la sección 'Tierras agrícolas', y de $T_{conversión}$ en la Ecuación 3.4.13. de la sección 'Praderas', etc. No es aplicable a C_{t_2} o a C_{t_1} en la Ecuación 3.2.3 de la sección 'Bosques'.

f. AMÉRICA DEL SUR

País	Volumen (sobre el suelo) m ³ / ha	Biomasa (sobre el suelo) t / ha	Infor- mación Fuente
Argentina	25	68	ES
Bolivia	114	183	IP
Brasil	131	209	ES
Chile	160	268	ES
Colombia	108	196	IN
Ecuador	121	151	ES
Islas Malvinas (Falkland Islands)	-	-	-
Guyana Francesa	145	253	ES
Guyana	145	253	ES
Paraguay	34	59	ES
Perú	158	245	IN
Suriname	145	253	ES
Uruguay	-	-	-
Venezuela	134	233	ES

Fuente de información: IN = Inventario nacional; IP = Inventario parcial; ES = Estimación; EX = Datos externos (de otras regiones)

CUADRO 3A.1.5 INCREMENTO MEDIO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO EN LA REGENERACIÓN NATURAL, POR CATEGORÍAS GENERALES (toneladas de materia seca/ha/año) (Sirve para el valor de C_w en la Ecuación 3.2.5)						
Bosques tropicales y subtropicales						
Clase de edad	Muy húmedo	Húmedo con estación seca corta	Húmedo con estación seca larga	Seco	Montano húmedo	Montano seco
	P > 2000	2000 > P > 1000		P < 1000	P > 1000	P < 1000
África						
≤20 años	10,0	5,3	2,4 (2,3 – 2,5)	1,2 (0,8 – 1,5)	5,0	2,0 (1,0 – 3,0)
>20 años	3,1 (2,3 – 3,8)	1,3	1,8 (0,6 – 3,0)	0,9 (0,2 – 1,6)	1,0	1,5 (0,5 – 4,5)
Asia y Oceanía						
Continental						
≤20 años	7,0 (3,0 – 11,0)	9,0	6,0	5,0	5,0	1,0
>20 años	2,2 (1,3 – 3,0)	2,0	1,5	1,3 (1,0 – 2,2)	1,0	0,5
Insular						
≤20 años	13,0	11,0	7,0	2,0	12,0	3,0
>20 años	3,4	3,0	2,0	1,0	3,0	1,0
América						
≤20 años	10,0	7,0	4,0	4,0	5,0	1,8
>20 años	1,9 (1,2 – 2,6)	2,0	1,0	1,0	1,4 (1,0 – 2,0)	0,4
Bosques de región templada						
Clase de edad		Coníferas			Hoja ancha	
≤20 años		3,0 (0,5 – 6,0)			4,0 (0,5 – 8,0)	
>20 años		3,0 (0,5 – 6,0)			4,0 (0,5 – 7,5)	
Bosques de región boreal						
Clase de edad	Mixtos Hoja caduca- Coníferas	Coníferas	Bosque-Tundra	Hoja ancha		
Eurasia						
≤20 años	1,0	1,5	0,4 (0,2 – 0,5)	1,5 (1,0 – 2,0)		
>20 años	1,5	2,5	0,4 (0,2 – 0,5)	1,5		
América						
≤20 años	1,1 (0,7 – 1,5)	0,8 (0,5 – 1,0)	0,4 (0,2 – 0,5)	1,5 (1,0 – 2,0)		
>20 años	1,1 (0,7 – 1,5)	1,5 (0,5 – 2,5)	0,4 (0,2 – 0,5)	1,3 (1,0 – 1,5)		
Nota: P = precipitación anual en mm/año Nota: Los datos se han indicado como valor medio y como escalas de valores posibles.						

Cuadro 3A.1.6							
INCREMENTO MEDIO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE EL SUELO EN LAS PLANTACIONES, POR CATEGORÍAS GENERALES (toneladas de materia seca/ha/año)							
(Sirve para el valor de C_w en la Ecuación 3.2.5. Si faltasen valores sería preferible utilizar los incrementos volumétricos de madera de tronco I_v del Cuadro 3A.1.7)							
Bosques tropicales y subtropicales							
	Clase de edad	Muy húmedo	Húmedo con estación seca corta	Húmedo con estación seca larga	Seco	Montano húmedo	Montano seco
		P > 2000	2000 > P > 1000		P < 1000	P > 1000	P < 1000
África							
Eucalipto spp	≤ 20 años	-	20,0	12,6	5,1 (3,0-7,0)	-	-
	> 20 años	-	25,0	-	8,0 (4,9-13,6)	-	-
Pinus sp	≤ 20 años	18,0	12,0	8,0	3,3 (0,5-6,0)	-	-
	> 20 años	-	15,0	11,0	2,5	-	-
Otras	≤ 20 años	6,5 (5,0-8,0)	9,0 (3,0-15,0)	10,0 (4,0-16,0)	15,0	11,0	-
	> 20 años	-	-	-	11,0	-	-
Asia							
Eucalipto spp	Todas	5,0 (3,6-8,0)	8,0	15,0 (5,0-25,0)	-	3,1	-
Otras especies	-	5,2 (2,4-8,0)	7,8 (2,0-13,5)	7,1 (1,6-12,6)	6,45 (1,2-11,7)	5,0 (1,3-10,0)	-
América							
Pinus	-	18,0	14,5 (5,0 - 19,0)	7,0 (4,0 - 10,3)	5,0	14,0	-
Eucalipto	-	21,0 (6,4 - 38,4)	16,0 (6,4 - 32,0)	16,0 (6,4 - 32,0)	16,0	13,0 (8,5 - 17,5)	-
Tectona	-	15,0	8,0 (3,8 - 11,5)	8,0 (3,8 - 11,5)	-	2,2	-
Otras de hoja ancha	-	17,0 (5,0 - 35,0)	18,0 (8,0 - 40,0)	10,5 (3,2 - 11,8)	-	4,0	-
Nota 1 : P = Precipitación anual en mm/año							
Nota 2 : Los datos se han indicado como valor medio y como escalas de valores posibles.							
Nota 3 : Algunos datos de regiones boreales se han calculado a partir de los valores originales de Zakharov <i>et al.</i> (1962), Zagreev <i>et al.</i> (1993), Isaev <i>et al.</i> (1993) utilizando 0,23 como relación biomasa bajo el suelo/biomasa sobre el suelo y suponiendo un aumento lineal del incremento anual de 0 a 20 años.							
Nota 4 : Para las plantaciones de las zonas templadas y boreales, es una buena práctica utilizar el incremento volumétrico de madera tronco (I_v en la Ecuación 3.2.5), en lugar del incremento de la biomasa sobre el suelo, conforme se indica en el cuadro precedente.							

Referencias de los Cuadros 3A.1.2, 3A.1.3, 3A.1.4, 3A.1.5, y 3A.1.6

Regiones tropicales y subtropicales

- Brown, S. (1996). A primer for estimating biomass and biomass change of tropical forest. FAO, Roma, Italia. 55 págs.
- Budowski, G. (1985). The place of Agroforestry in managing tropical forest. En La conservación como instrumento para el desarrollo. Antología. San José, Costa Rica. EUNED. 19 págs.
- Burrows, W. H.; Henry, B. K.; Back, P. V., *et al.* (2002) Growth and carbon stock change in eucalypt woodlands in northeast Australia: ecological and greenhouse sink implications. *Global Change Biology* 8 (8): págs. 769 a 784, 2002
- Chudnoff, M. (1980). Tropical Timbers of the World. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI. 831 págs.
- Clarke *et al.* (2001) NPP in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecol. Applic.* 11: págs. 371 a 384
- Evans, J. (1982). Plantation forestry in the tropics. Oxford.
- Favrichon, V. (1997). Réaction de peuplements forestiers tropicaux a des interventions sylvicoles. *Bois et des forets des tropiques* 254: págs. 5 a 24

- FBDS: FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. (1997). Avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido às mudanças nos estoques de florestas plantadas. Rio de Janeiro (Brasil). 44 págs.
- Fearnside, P.M. (1997). Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90(1): págs. 59 a 87.
- FIA: Fundación para la Innovación Agraria. (2001). Potencial de proyectos forestales en el Mecanismo de Desarrollo Limpio en Chile. In IV Seminario Regional forestal del Cono Sur, elaboración de proyectos forestales en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, realizado los días 6 y 7 de diciembre de 2001. Santiago de Chile. 26 págs.
- GASTON G., BROWN S., LORENZINI M. & SING. (1998). State and change in carbon pools in the forests of tropical Africa. *Global Change Biology* 4 (1), págs. 97 a 114.
- Gower S.T., Gholz H.L., Nakane K., Baldwin V.C. (1994). Production and carbon allocation patterns of pine forests *Ecological bulletins* 43: págs. 115 a 135 (datos convertidos de valores de producción primaria neta sobre suelo, suponiendo una caída de desperdicios = 2 x L(-38)C de producción anual de follaje).
- Grace J., Malhi Y., Higuchi N., Meir P. (2001). Productivity of tropical Rain Forests in "Terrestrial Global productivity" Roy J., Saugier B., & Mooney H. Eds, *Physiological Ecology Series*, Academic Press, San Diego, págs. 401 a 426.
- Hofmann-Schielle, C., A. Jug, *et al.* (1999). Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. *Forest Ecology and Management* 121(1/2): págs. 41 a 55.
- IBDF. (1983). Potencial maderera do Grande Carajás. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Brasília, DF, Brasil. 134 págs.
- Directrices del IPCC* (1996). Libro de Trabajo p 5.22. Tomado de Houghton *et al.* 1983, 1987.
- Klinge, H.; Rodrigues, W.A. (1973). Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. *Acta Científica Venezolana* 24: págs. 225 a 237.
- Laclau, J. P., J. P. Bouillet, *et al.* (2000). Dynamics of biomass and nutrient accumulation in a clonal plantation of Eucalyptus in Congo. *Forest Ecology and Management* 128(3): págs. 181 a 196.
- Lamprecht, H. (1990). *Silviculture in the tropics*. GTZ. Rossdorf, Deutsche. 333 págs.
- Mandouri T. *et al.* in "Annales de la recherche forestière (1951-1999); and Thesis from National High School of Forestry (ENFI); and Hassan II Agronomic Institut (IAVHII).
- MDS/PCNCC: MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION; PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS. (2002). Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Bolivia, 1990, 1994, 1998 y 2000. La Paz (Bolivia). 443 págs.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2000). Taller Regional Centro Americano sobre el Cambio Climático, 24-26 de junio de 2000. Ciudad de Panamá, Panamá.
- Montagnini, F. (2000). Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. *Forest Ecology and Management* 134(1/3): págs. 257 a 270.
- Moreno, H. (2001). Estado de la Investigación sobre dinámica del carbono en proyectos Forestales de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ciencias Forestales. Medellín, Colombia.
- Norgrove, L. and S. Hauser (2002). Measured growth and tree biomass estimates of *Terminalia ivorensis* in the 3 years after thinning to different stand densities in an agrisilvicultural system in southern Cameroon. *Forest Ecology and Management* 166(1/3): págs. 261 a 270.
- PAC-NK: NOEL KEMPF CLIMATE ACTION PROJECT. (2000). Noel Kempff Climate Action Project: project case carbon inventory and offset benefits. Winrock Drive. Arlington, U.S.A. 45 págs.
- Pandey, D (1982).
- Parrotta, J. A. (1999). Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 124(1): págs. 45 a 77.
- Peters, R. (1977). Fortalecimiento al sector forestal Guatemala inventarios y estudios dendrométricos en bosques de coníferas. FO:DP/GUA/72/006, Informe Técnico 2, FAO, Roma, Italia.
- Ramírez, P.; Chacón, R. (1996). National Inventory of Sources and Sinks of Greenhouse Gases in Costa Rica. U.S. Contry Studies Program. Kluwer Academic Publishers. Boston, U.K. págs. 357 a 365.
- Russell, C.E. (1983). Nutrient cycling and productivity of native and plantation forest at Jari Florestal, Pará, Brazil. Ph.D. dissertation in ecology, University of Georgia, Athens, Georgia, Estados Unidos de América, 133 págs.
- Saldarriaga, C.A.; Escobar, J.G.; Orrego, S. A.; Del Valle, I. (2001). Proyectos de Reforestación como parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio: una aproximación preliminar para el análisis financiero y ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ciencias Forestales. Medellín (Colombia). 61 págs.
- Wadsworth, F.H. (1997). Forest production for tropical America. USDA Forest Service Agriculture Handbook 710. Washington, DC, USDA Forest Service.
- Webb, D.B., Wood, P.J., Smith, J.P. & Henman, G.S. (1984). A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. *Tropical Forestry Papers* No. 15 Oxford, UK, Commonwealth Forestry Institute.

Regiones templadas

- Entre los datos se incluyen valores recopilados por DR. JIM SMITH, USDA FOREST SERVICE, DURHAM NH USA 03824. jsmith11@fs.fed.us, Lheath@fs.fed.us
- Botkin D.B., Simpson L.G. (1990) Biomass of North American Boreal Forest. *Biogeochemistry*, 9: págs. 161 a 174.
- Brown S., Schroeder P., Kern J.S. (1999) Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management*, 123: págs. 81 a 90.
- Burrows, W. H.; Henry, B. K.; Back, P. V., *et al.* (2002) Growth and carbon stock change in eucalypt woodlands in northeast Australia: ecological and greenhouse sink implications. *Global Change Biology* 8 (8): págs. 769 a 784, 2002.
- Fang, S., X. Xu, *et al.* (1999). Growth dynamics and biomass production in short-rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacings. *Biomass and Bioenergy* 17(5): págs. 415 a 425.
- Götz S, D'Angelo SA, Teixeira W G, Haag and Lieberei R (2002) Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years, *For. Ecol. Manage* 163 Págs. 131 a 150.

- Gower S.T., Gholz H.L., Nakane K., Baldwin V.C. (1994) Production and carbon allocation patterns of pine forests Ecological bulletins 43: págs. 115 a 135 (datos convertidos de valores de producción primaria neta sobre el suelo, suponiendo una caída de desperdicios =2 x la producción anual de follaje)
- Grierson, P. F., M. A. Adams, *et al.* (1992). Estimates of carbon storage in the above-ground biomass of Victoria's forests. Australian Journal of Botany 40(4/5): págs. 631 a 640.
- Hall GMJ, Wiser SK, Allen RB, Beets PN and Gouling C J (2001). Strategies to estimate national forest carbon stocks from inventory data: the 1990 New Zealand baseline. Global Change Biology, 7: págs. 389 a 403.
- Hofmann-Schielle, C., A. Jug, *et al.* (1999). Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. Forest Ecology and Management 121(1/2): págs. 41 a 55.
- Mitchell, C. P., E. A. Stevens, *et al.* (1999). Short-rotation forestry - operations, productivity and costs based on experience gained in the UK. Forest Ecology and Management 121(1/2): págs. 123 a 136.
- Santa Regina, I. y T. Tarazona (2001). Nutrient cycling in a natural beech forest and adjacent planted pine in northern Spain. Forestry (Oxford) 74(1): págs. 11 a 28
- Schroeder, P., S. Brown, *et al.* (1997). Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. Forest Science 43(3): págs. 424 a 434.
- Shan, J Morris L A. & Hendrick, R L. (2001) The effects of management on soil and plant carbon sequestration in slash pine plantations. Journal of Applied Ecology 38 (5), págs. 932 a 941.
- Smith and Heath. Data includes values compiled by DR. JIM SMITH, USDA FOREST SERVICE, DURHAM NH USA 03824. jsmith11@fs.fed.us, Lheath@fs.fed.us
- Son YH; Hwang JW; Kim ZS; Lee WK; Kim JS (2001) Allometry and biomass of Korean pine (Pinus koraiensis) in central Korea. Bioresource Technology 78 (3): págs. 251 a 255, 2001.
- Turnbull, C.R.A., McLeod, D.E., Beadle, C.L., Ratkowsky, D.A., Mummery, D.C. and Bird, T. (1993). Comparative growth of Eucalyptus species of the subgenera Monocalyptus and Symphyomyrtus in intensively managed plantations in southern Tasmania. Aust. For. 56, págs. 276 a 286.
- UN-ECE/FAO (2000). Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and new Zealand (industrialized temperate / boreal countries). UN-ECE/FAO contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000, United Nations, New-York and Geneva, Geneva Timber and Forest Study papers, No 17, 446 págs.
- U'soltsev and Van Clay. (1995). Stand Biomass Dynamics of Pine plantations and natural forests on dry steppe in Kazakhstan Scan J For Res, 10, págs. 305 a 312.
- Vogt K (1991). Carbon budgets of temperate forest ecosystems. Tree Physiology, 9: págs. 69 a 86.
- Zhou, G., Y. Wang, *et al.* (2002). Estimating biomass and net primary production from forest inventory data: a case study of China's Larix forests. Forest Ecology and Management 169(1/2): págs. 149 a 157.

Regiones boreales

- Finnish Forest Research Institute (2002). Finnish Statistical Yearbook of Forestry. SVT Agriculture and Forestry, Helsinki, Finlandia.
- Isaev, A.S., Korovin, G.N., Utkin A.I., Pryazhnikov A.A., and D.G. Zamolodchikov (1993) *Estimation of Carbon Pool and Its Annual Deposition in Phytomass of Forest Ecosystems in Russia*, Forestry (*Lesovedenie*), 5: págs. 3 a 10 (en ruso).
- Kajimoto, T., Y. Matsuura, *et al.* (1999). Above- and belowground biomass and net primary productivity of a Larix gmelinii stand near Tura, central Siberia. Tree Physiology 19(12): págs. 815 a 822.
- Koivisto, 1959; Koivisto, P., (1959) Growth and Yield Tables. Commun. Inst. For. Fenn. Vol 51 no. 51.8: págs. 1 a 49 (en finés, con epígrafes en inglés).
- Kurz, W.A. y M.J. Apps. (1993): Contribution of northern forests to the global C cycle: Canada as a case study. Water, Air, and Soil Pollution, 70, págs. 163 a 176.
- Nilsson S., Shvidenko A., Stolbovoi V., Glick M., Jonas M., Obersteiner M. (2000). Full carbon account for Russia. Interim Report IR -00-021 Int Inst Appl Anal, 181 páginas.
- UN-ECE/FAO (2000). Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate / boreal countries). UN-ECE/FAO contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000, United Nations, New York and Geneva, Geneva, Timber and Forest Study papers, No 17, 446 págs.
- Vuokila, Y. y Väliäho, H. (1980). Growth and yield models for conifers cultures in Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 99(2): págs. 1 a 271.
- Wirth C., E.-D. Schulze, W. Schulze, D. von Stünzner-Karbe, W. Ziegler, I. M. Miljukova, A. Sogatchev, A. B. Varlagin, M. Panvyorov, S. Grigoriev, W. Kusnetzova, M. Siry, G. Hards, R. Zimmermann, N. N. Vygodskaya (1999). Above-ground biomass and structure of pristine Siberian Scots pine forests as controlled by competition and fire. Oecologia 121: págs. 66 a 80
- Zakharov, V.K., Trull, O.A., Miroshnikov, V.S., y V.E. Ermakov (1962) The Reference Book on Forest Inventory. Belarus State Publishing, Minsk, págs. 368 (en ruso).
- Zagreev, V.V., Sukhikh, B.I., Shvidenko, A.Z., Gusev, N.N., y A.G. Moshkalev (1993) *The All-Union Standards for Forest Inventory*. Kolos, Moscow, págs. 495 (en ruso).

CUADRO 3A.1.7		
INCREMENTO MEDIO ANUAL NETO SOBRE EL SUELO, EN VOLUMEN, EN PLANTACIONES		
POR ESPECIES (m³/ha/año)		
(Sirve para el valor de I _v en la Ecuación 3.2.5)		
Especies	I_v (m³ ha⁻¹ año⁻¹)	
	Escala	Media*
E. deglupta	14 - 50	32
E. globulus	10 - 40	25
E. grandis	15 - 50	32,5
E. saligna	10 - 55	32,5
E. camaldulensis	15 - 30	22,5
E. urophylla	20 - 60	40
E. robusta	10 - 40	25
Pinus caribaea var. caribaea	10 - 28	19
Pinus caribaea var. hondurensis	20 - 50	35
Pinus patula	8 - 40	24
Pinus radiata	12 - 35	23,5
Pinus oocarpa	10 - 40	25
Araucaria angustifolia	8 - 24	16
A. cunninghamii	10 - 18	14
Gmelina arborea	12 - 50	31
Swietenia macrophylla	7 - 30	18,5
Tectona grandis	6 - 18	12
Casuarina equisetifolia	6 - 20	13
C. junghuhniana	7 - 11	9
Cupressus lusitanica	8 - 40	24
Cordia todosiadora	10 - 20	15
Leucaena leucocephala	30 - 55	42,5
Acacia auriculiformis	6 - 20	13
Acacia mearnsii	14 - 25	19,5
Terminalia superba	10 - 14	12
Terminalia ivorensis	8 - 17	12,5
Dalbergia sissoo	5 - 8	6,5

* Si una Parte tiene razones para creer que sus plantaciones están ubicadas en lugares de fertilidad superior a la media, se sugiere utilizar el valor medio + 50%, y si tiene razones para creer que sus plantaciones están ubicadas en lugares poco fértiles, se sugiere el valor medio -50%

Fuente: Ugalde, L. y Prez, O. Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species. Forest Plantation Thematic Papers, Documento de trabajo 1. FAO (2001)
 Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/004/AC121E/AC121E00.HTM>

CUADRO 3A.1.8							
RELACIÓN MEDIA BIOMASA BAJO EL SUELO/SOBRE EL SUELO (RELACIÓN RAÍZ-VÁSTAGO, R) EN LA REGENERACIÓN NATURAL, POR CATEGORÍAS GENERALES (toneladas de materia seca/tonelada materia seca)							
(Sirve para el valor de R en la Ecuación 3.2.5)							
	Tipo de vegetación	Biomasa sobre el suelo (t/ha)	Media	DE	tramo inferior	tramo superior	Referencias
Bosque tropical/subtropical	Bosque secundario tropical/subtropical	<125	0,42	0,22	0,14	0,83	5, 7, 13, 25, 28, 31, 48, 71
	Bosque húmedo primario tropical/subtropical	NE	0,24	0,03	0,22	0,33	33, 57, 63, 67, 69
	Bosque seco tropical/subtropical	NE	0,27	0,01	0,27	0,28	65
Bosque/plantación de coníferas	Bosque/plantación de coníferas	<50	0,46	0,21	0,21	1,06	2, 8, 43, 44, 54, 61, 75
	Bosque/plantación de coníferas	50-150	0,32	0,08	0,24	0,50	6, 36, 54, 55, 58, 61
	Bosque/plantación de coníferas	>150	0,23	0,09	0,12	0,49	1, 6, 20, 40, 53, 61, 67, 77, 79
Bosque/plantación de hoja ancha región templada	Robledal	>70	0,35	0,25	0,20	1,16	15, 60, 64, 67
	Plantación de eucaliptos	<50	0,45	0,15	0,29	0,81	9, 51, 59
	Plantación de eucaliptos	50-150	0,35	0,23	0,15	0,81	4, 9, 59, 66, 76
	Bosque/plantación de eucaliptos	>150	0,20	0,08	0,10	0,33	4, 9, 16, 66
	Otros bosques de hoja ancha	<75	0,43	0,24	0,12	0,93	30, 45, 46, 62
	Otros bosques de hoja ancha	75-150	0,26	0,10	0,13	0,52	30, 36, 45, 46, 62, 77, 78, 81
	Otros bosques de hoja ancha	>150	0,24	0,05	0,17	0,30	3, 26, 30, 37, 67, 78, 81
Praderas	Estepa/tundra/pastizal de pradera	NE	3,95	2,97	1,92	10,51	50, 56, 70, 72
	Praderas de región templada/subtropical/tropical	NE	1,58	1,02	0,59	3,11	22, 23, 32, 52
	Pradera semiárida	NE	2,80	1,33	1,43	4,92	17-19, 34
Otras	Tierras boscosas/sabanas	NE	0,48	0,19	0,26	1,01	10-12, 21, 27, 49, 65, 73, 74
	Tierras arbustivas	NE	2,83	2,04	0,34	6,49	14, 29, 35, 38, 41, 42, 47, 67
	Marisma con mareas	NE	1,04	0,21	0,74	1,23	24, 39, 68, 80

NE = No especificado

Referencias del Cuadro 3A.1.8

- Alban, D., D. Perala, y B. Schlaegel (1978) Biomass and nutrient distribution in aspen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota. *Canadian Journal of Forest Research* **8**: págs. 290 a 299.
- Albaugh, T., H. Allen, P. Dougherty, L. Kress, y J. King (1998) Leaf area and above- and below-ground growth responses of loblolly pine to nutrient and water additions. *Forest Science* **44**(2): págs. 317 a 328.
- Anderson, F. (1971) Methods and Preliminary results of estimation of biomass and primary production in a south Swedish mixed deciduous woodland. In: *Productivity of forest ecosystems. Proceedings of the Brussels symposium, 1969, ecology and conservation 4*. UNESCO, Paris.
- Applegate, G. (1982) *Biomass of Blackbutt (Eucalyptus pilularis Sm.) Forests on Fraser Island*. Masters Thesis. University of New England, Armidale.
- Bartholomew, W., J. Meyer, y H. Laudelout (1953) Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. *Publications de l'Institut National Pour l'Etude Agronomique du Congo Belge Serie scientifique* **57**: 27 páginas en total.
- Baskerville, G. (1966) Dry-matter production in immature balsam fir stands: roots, lesser vegetation, and total stand. *Forest Science* **12**: págs. 49 a 53.
- Berish, C. (1982) Root biomass and surface area in three successional tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* **12**: págs. 699 a 704.
- Braekke, F. (1992) Root biomass changes after drainage and fertilisation of a low-shrub pine bog. *Plant and Soil* **143**: págs. 33 a 43.
- Brand, B. (1999) *Quantifying biomass and carbon sequestration of plantation blue gums in south west Western Australia*. Honours Thesis. Curtin University of Technology.
- Burrows, W. (1976) *Aspects of nutrient cycling in semi-arid mallee and mulga communities*. PhD Thesis. Australian National University, Canberra.
- Burrows, W., M. Hoffmann, J. Compton, P. Back, y L. Tait (2000) Allometric relationships and community biomass estimates for some dominant eucalypts in Central Queensland woodlands. *Australian Journal of Botany* **48**: págs. 707 a 714.
- Burrows, W., M. Hoffmann, J. Compton, y P. Back (2001) *Allometric relationships and community biomass stocks in white cypress pine (Callitris glaucophylla) and associated eucalypts of the Carnarvon area - south central Queensland*. National Carbon Accounting System Technical Report No. 33. Australian Greenhouse Office, Canberra. 16 págs.

13. Buschbacher, R., C. Uhl, y E. Serrao (1988) Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology* **76**: págs. 682 a 701.
14. Caldwell, M. y L. Camp (1974) Belowground productivity of two cool desert communities. *Oecologia* **17**: págs. 123 a 130.
15. Canadell, J. y F. Roda (1991) Root biomass of *Quercus ilex* in a montane Mediterranean forest. *Canadian Journal of Forest Research* **21**(12): págs. 1771 a 1778.
16. Chilcott, C. (1998) *The initial impacts of reforestation and deforestation on herbaceous species, litter decomposition, soil biota and nutrients in native temperate pastures on the Northern Tablelands, NSW*. PhD Thesis. University of New England, Armidale.
17. Christie, E. (1978) Ecosystem processes in semiarid grasslands. I. Primary production and water use of two communities possessing different photosynthetic pathways. *Australian Journal of Agricultural Research* **29**: págs. 773 a 787.
18. Christie, E. (1979) Eco-physiological studies of the semiarid grasses *Aristida leptopoda* and *Astrebla lappacea*. *Australian Journal of Ecology* **4**: págs. 223 a 228.
19. Christie, E. (1981) Biomass and nutrient dynamics in a C₄ semi-arid Australian grassland community. *Journal of Applied Ecology* **18**: págs. 907 a 918.
20. Cole, D., S. Gessel, y S. Dice (1967) Distribution and cycling of nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium in a second-growth Douglas-fir ecosystem. In: *Symposium : Primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems*. American Association for the Advancement of Science 13th Annual Meeting New York City, December 27, 1967: University of Maine Press.
21. Compton, J., L. Tait, M. Hoffmann, y D. Myles (1999) Root-shoot ratios and root distribution for woodland communities across a rainfall gradient in central Queensland. In: *Proceedings of the VI International Rangeland Congress*. Townsville, Australia.
22. Cooksley, D., K. Butler, J. Prinsen, y C. Paton (1988) Influence of soil type on *Heteropogon contortus* - *Bothriochloa bladhii* dominant native pasture in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **28**: págs. 587 a 591.
23. De Castro, E.A. y J.B. Kauffman (1998) Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology* **14**(3): págs. 263 a 283.
24. De la Cruz, A. y C. Hackney (1977) Energy value, elemental composition, and productivity of belowground biomass of a *Juncus* tidal marsh. *Ecology* **58**: págs. 1165 a 1170.
25. Drew, W., S. Aksornkoae, y W. Kaitpraneet (1978) An assessment of productivity in successional stages from abandoned swidden (Rai) to dry evergreen forest in northeastern Thailand. *Forest Bulletin* **56**: 31 total.
26. Dylis, N. (1971) Primary production of mixed forests. In: *Productivity of forest ecosystems. Proceedings of the Brussels symposium, 1969*. Paris: UNESCO.
27. Eamus, D., X. Chen, G. Kelley, y L. Hutley (2002) Root biomass and root fractal analyses of an open *Eucalyptus* forest in a savanna of north Australia. *Australian Journal of Botany* **50**: págs. 31 a 41.
28. Ewel, J. (1971) Biomass changes in early tropical succession. *Turrialba* **21**: págs. 110 a 112.
29. Forrest, G. (1971) Structure and production of North Pennine blanket bog vegetation. *Journal of Ecology* **59**: págs. 453 a 479.
30. Garkoti, S. and S. Singh (1995) Variation in net primary productivity and biomass of forests in the high mountains of Central Himalaya. *Journal of Vegetation Science* **6**: págs. 23 a 28.
31. Golley, F., H. Odum, y R. Wilson (1962) The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangrove forest in May. *Ecology* **43**(1): págs. 9 a 19.
32. Graham, T. (1987) *The effect of renovation practices on nitrogen cycling and productivity of rundown buffel grass pasture*. PhD Thesis. University of Queensland.
33. Greenland, D. y J. Kowal (1960) Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. *Plant and Soil* **12**: págs. 154 a 173.
34. Grouzis, M. and L. Akpo (1997) Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomas in the Sahelian zone of Senegal. *Journal of Arid Environments* **35**: págs. 285 a 296.
35. Groves, R. y R. Specht (1965) Growth of heath vegetation. 1. Annual growth curves of two heath ecosystems in Australia. *Australian Journal of Botany* **13**: págs. 261 a 280.
36. Harris, W., R. Kinerson, y N. Edwards (1977) Comparison of belowground biomass of natural deciduous forest and loblolly pine plantations. *Pedobiologica* **17**: págs. 369 a 381.
37. Hart, P., P. Clinton, R. Allen, A. Nordmeyer, y G. Evans (2003) Biomass and macro-nutrients (above- and below-ground) in a New Zealand beech (*Nothofagus*) forest ecosystem: implications for carbon storage and sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* **174**: págs. 281 a 294.
38. Hoffmann, M. y J. Kummerow (1978) Root studies in the Chilean matorral. *Oecologia* **32**: págs. 57 a 69.
39. Hussey, A. y S. Long (1982) Seasonal changes in weight of above- and below-ground vegetation and dead plant material in a salt marsh at Colne Point, Essex. *Journal of Ecology* **70**: págs. 757 a 771.
40. Johnstone, W. (1971) Total standing crop and tree component distributions in three stands of 100-year-old lodgepole pine. In: *Forest biomass studies. 15th IUFRO Congress* (Ed. Eds. H. Young). University of Maine Press, Orono. págs. 81 a 89.
41. Jones, R. (1968) Estimating productivity and apparent photosynthesis from differences in consecutive measurements of total living plant parts of an Australian heathland. *Australian Journal of Botany* **16**: págs. 589 a 602.
42. Kummerow, J., D. Krause, y W. Jow (1977) Root systems of chaparral shrubs. *Oecologia* **29**: págs. 163 a 177.
43. Linder, S. y B. Axelsson (1982) Changes in carbon uptake and allocation patterns as a result of irrigation and fertilisation in a young *Pinus sylvestris* stand. In: *Carbon Uptake and Allocation: Key to Management of Subalpine Forest Ecosystems* (Ed. Eds. R. Waring). Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, Oregon. págs. 38 a 44.
44. Litton, C., M. Ryan, D. Tinker, y D. Knight (2003) Belowground and aboveground biomass in young postfire lodgepole pine forests of contrasting tree density. *Canadian Journal of Forest Research* **33**(2): págs. 351 a 363.
45. Lodhiyal, L. y N. Lodhiyal (1997) Variation in biomass and net primary productivity in short rotation high density central Himalayan poplar plantations. *Forest Ecology and Management* **98**: págs. 167 a 179.
46. Lodhiyal, N., L. Lodhiyal, y P. Pangtey (2002) Structure and function of Shisham forests in central Himalaya, India: dry matter dynamics. *Annals of Botany* **89**: págs. 41 a 54.
47. Low, A. y B. Lamont (1990) Aerial and belowground phytomass of *Banksia* scrub-heath at Eneabba, South-Western Australia. *Australian Journal of Botany* **38**: págs. 351 a 359.

48. Lugo, A. (1992) Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* **62**: págs. 1 a 41.
49. Menaut, J. y J. Cesar (1982) The structure and dynamics of a west African savanna. In: *Ecology of Tropical Savannas* (Ed. Eds. B. Huntley and B. Walker). Springer-Verlag, Berlin. págs. 80 a 100.
50. Milchunas, D. y W. Lauenroth (1989) Three-dimensional distribution of plant biomass in relation to grazing and topography in the shortgrass steppe. *Oikos* **55**: págs. 82 a 86.
51. Misra, R., C. Turnbull, R. Cromer, A. Gibbons, y A. LaSala (1998) Below- and above-ground growth of *Eucalyptus nitens* in a young plantation. I. Biomass. *Forest Ecology and Management* **106**: págs. 283 a 293.
52. Nepstad, D. (1989) *Forest regrowth in abandoned pastures of eastern Amazonia: limitations to tree seedling survival and growth*. PhD Dissertation. Yale University, New Haven.
53. Nihlgård, B. (1972) Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and a planted spruce forest in South Sweden. *Oikos* **23**: págs. 69 a 81.
54. Ovington, J. (1957a) Dry matter production by *Pinus sylvestris* L. *Annals of Botany, London N.S.* **21**: págs. 287 a 314.
55. Ovington, J. y H. Madgwick (1959a) Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of Scotts pine. *Forest Science* **5**: págs. 344 a 355.
56. Ovington, J. (1963) Plant biomass and productivity of prairie, savanna, oakwood, and maize field ecosystems in central Minnesota. *Ecology* **44**(1): págs. 52 a 63.
57. Ovington, J. y J. Olson (1970) Biomass and chemical content of El Verde lower montane rain forest plants. In: *A tropical rain forest. A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico (Division of Technical Information TID 24270)* (Ed. Eds. H. Odum and R. Pigeon). US Atomic Energy Commission, Washington DC. págs. 53 a 77.
58. Pearson, J., T. Fahey, y D. Knight (1984) Biomass and leaf area in contrasting lodgepole pine forests. *Canadian Journal of Forest Research* **14**: págs. 259 a 265.
59. Prasad, R., A. Sah, A. Bhandari, y O. Choubey (1984) Dry matter production by *Eucalyptus camaldulensis* Dehn plantation in Jabalpur. *Indian Forester* **110**: págs. 868 a 878.
60. Rawat, Y. y J. Singh (1988) Structure and function of oak forests in Central Himalaya. I. Dry matter dynamics. *Annals of Botany* **62**: págs. 397 a 411.
61. Ritson, P. y S. Sochacki (2003) Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. *Forest Ecology and Management* **175**: págs. 103 a 117.
62. Ruark, G. y J. Bockheim (1988) Biomass, net primary production, and nutrient distribution for an age sequence of *Populus tremuloides*. *Canadian Journal of Forest Research* **18**: págs. 435 a 443.
63. Shanmughavel, P., Z. Zheng, S. Liqing, y C. Min (2001) Floristic structure and biomass distribution of a tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna, southwest China. *Biomass and Bioenergy* **21**: págs. 165 a 175.
64. Simonovic, V. (1980) Root productivity studies in deciduous forest ecosystem. In: *Environment and root behaviour* (Ed. Eds. N. David). Geobios International, Jodhour, India. págs. 213 a 230.
65. Singh, K. y R. Misra (1979) *Structure and Functioning of Natural, Modified and Silvicultural Ecosystems in Eastern Uttar Pradesh*. Final Technical Report (1975-1978) MAB research project. Banras Hindu University, Varanasi. 160 págs.
66. Singh, R. y V. Sharma (1976) Biomass estimation in five different aged plantations of *Eucalyptus tereticornis* Smith in western Uttar Pradesh. In: *Oslo Biomass Studies* (Ed. Eds. University of Maine, Orono. págs. 143 a 161.
67. Singh, S., B. Adhikari, y D. Zobel (1994) Biomass, productivity, leaf longevity, and forest structure in the central Himalaya. *Ecological Monographs* **64**: págs. 401 a 421.
68. Suzuki, E. y H. Tagawa (1983) Biomass of a mangrove forest and a sedge marsh on Ishigaki Island, south Japan. *Japanese Journal of Ecology* **33**: págs. 231 a 234.
69. Tanner, E. (1980) Studies on the biomass and productivity in a series of montane rain forests in Jamaica. *Journal of Ecology* **68**: págs. 573 a 588.
70. Titlyanova, A., G. Rusch, y E. van der Maarel (1988) Biomass structure of limestone grasslands on Öland in relation to grazing intensity. *Acta phytogeographica suecica* **76**: págs. 125 a 134.
71. Uhl, C. (1987) Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology* **75**: págs. 377 a 407.
72. Van Wijk, M., M. Williams, L. Gough, S. Hobbie, y G. Shaver (2003) Luxury consumption of soil nutrients: a possible competitive strategy in above-ground and below-ground biomass allocation and root morphology for slow growing arctic vegetation? *Journal of Ecology* **91**: págs. 664 a 676.
73. Werner, P.A. (1986) *Population dynamics and productivity of selected forest trees in Kakadu National Park*. Final report to the Australian National Parks and Wildlife Service. CSIRO Darwin, Tropical Ecosystems Research Centre, p.
74. Werner, P.A. y P.G. Murphy (2001) Size-specific biomass allocation and water content of above- and below-ground components of three *Eucalyptus* species in a northern Australian savanna. *Australian Journal of Botany* **49**(2): págs. 155 a 167.
75. Westman, E. y R. Whitaker (1975) The pygmy forest region of northern California: studies on biomass and primary productivity. *Journal of Ecology* **63**: págs. 493 a 520.
76. Westman, W. y R. Rogers (1977) Biomass and structure of a subtropical eucalypt forest, North Stradbroke Island. *Australian Journal of Botany* **25**: págs. 171 a 191.
77. Whittaker, R. y G. Woodwell (1971) Measurement of net primary production in forests. In: *Productivity of Forest Ecosystems* (Eds.) Paris: UNESCO. págs. 159 a 175.
78. Whittaker, R., F. Borman, G. Likens, y T. Siccama (1974) The Hubbard Brook ecosystem study: forest biomass and production. *Ecological Monographs* **44**: págs. 233 a 252.
79. Will, G. (1966) Root growth and dry-matter production in a high-producing stand of *Pinus radiata*. *New Zealand Forestry Research Notes* **44**: págs. 1 a 15.
80. Windham, L. (2001) Comparison of biomass production and decomposition between *Phragmites australis* (common reed) and *Spartina patens* (salt hay grass) in brackish tidal marshes of New Jersey, USA. *Wetlands* **21**(2): págs. 179 a 188.
81. Zavitkovski, J. y R. Stevens (1972) Primary productivity of red alder ecosystems. *Ecology* **53**: págs. 235 a 242.

CUADRO 3A.1.9-1
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS DE TRONCOS
(toneladas de materia seca/m³ de volumen recién talado)
PARA LAS ESPECIES DE REGIONES BOREALES Y TEMPLADAS
 (Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3., 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)

Especie o género	Densidad de madera básica (m ₀ /V _{wet})	Fuente
Abies	0,40	1
Acer	0,52	1
Alnus	0,45	1
Betula	0,51	1
Carpinus betulus	0,63	3
Castanea sativa	0,48	3
Fagus sylvatica	0,58	1
Fraxinus	0,57	1
Juglans	0,53	3
Larix decidua	0,46	1
Larix kaempferi	0,49	3
Picea abies	0,40	1
Picea sitchensis	0,40	2
Pinus pinaster	0,44	5
Pinus strobus	0,32	1
Pinus sylvestris	0,42	1
Populus	0,35	1
Prunus	0,49	1
Pseudotsuga menziesii	0,45	1
Quercus	0,58	1
Salix	0,45	1
Thuja plicata	0,31	4
Tilia	0,43	1
Tsuga	0,42	4

Fuente:

1. Dietz, P. 1975: Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. Holz Roh- Werkstoff 33: págs. 135 a 141.
2. Knigge, W.; Schulz, H. 1966: Grundriss der Forstbenutzung. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlín.
3. EN 350-2 (1994): Durability of wood and wood products - Natural durability of solid wood - Part 2: Guide to the natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe.
4. Forest Products Laboratory: Handbook of wood and wood-based materials. Hemisphere Publishing Corporation, Nueva York, Londres.
5. Rijdsdijk, J.F.; Laming, P.B. 1994: Physical and related properties of 145 timbers. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, Londres.
6. Kollmann, F.F.P.; Coté, W.A. 1968: Principles of wood science and technology. Springer Verlag, Berlín, Nueva York.

CUADRO 3A.1.9-2					
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m ³ de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES					
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)					
ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Acacia leucophloea	0,76	Albizia spp.	0,52	Azelia spp.	0,67
Adina cordifolia	0,58, 0,59+	Alcornea spp.	0,34	Aidia ochroleuca	0,78*
Aegle marmelo	0,75	Alexa grandiflora	0,6	Albizia spp.	0,52
Agathis spp.	0,44	Alnus ferruginea	0,38	Todosanblackia floribunda	0,63*
Aglaia llanosiana	0,89	Anacardium excelsum	0,41	Todosophyllus africanus f. acuminatus	0,45
Alangium longiflorum	0,65	Anadenanthera macrocarpa	0,86	Alstonia congensis	0,33
Albizzia amara	0,70*	Andira retusa	0,67	Amphimas pterocarpoides	0,63*
Albizzia falcata	0,25	Aniba riparia lduckeii	0,62	Anisophyllea obtusifolia	0,63*
Aleurites trisperma	0,43	Antiaris africana	0,38	Annonidium mannii	0,29*
Alnus japonica	0,43	Apeiba echinata	0,36	Anopyxis klaineana	0,74*
Alphitonia zizyphoides	0,5	Artocarpus comunis	0,7	Anthocleista keniensis	0,50*
Alphonsea arborea	0,69	Aspidosperma spp. (aracanga group)	0,75	Anthonotha macrophylla	0,78*
Alseodaphne longipes	0,49	Astronium lecointei	0,73	Anthostemma aubryanum	0,32*
Alstonia spp.	0,37	Bagassa guianensis	0,68, 0,69+	Antiaris spp.	0,38
Amooro spp.	0,6	Banara guianensis	0,61	Antrocaryon klaineum	0,50*
Anisophyllea zeylanica	0,46*	Basiloxylon exelsum	0,58	Aucoumea klaineana	0,37
Anisoptera spp.	0,54	Beilschmiedia sp.	0,61	Austranella congolensis	0,78
Anogeissus latifolia	0,78, 0,79+	Bertholletia excelsa	0,59, 0,63+	Baillonella toxisperma	0,71
Anthocephalus chinensis	0,36, 0,33+	Bixa arborea	0,32	Balanites aEgiptoiaca	0,63*
Antidesma pleuricum	0,59	Bombacopsis sepium	0,39	Baphia kirkii	0,93*
Aphanamiris perrottetiana	0,52	Borojoa patinoi	0,52	Beilschmiedia louisii	0,70*
Araucaria bidwillii	0,43	Bowdichia spp.	0,74	Beilschmiedia nitida	0,50*
Artocarpus spp.	0,58	Brosimum spp. (alicastrum group)	0,64, 0,66+	Berlinia spp.	0,58
Azadirachta spp.	0,52	Brosimum utile	0,41, 0,46+	Blighia welwitschii	0,74*
Balanocarpus spp.	0,76	Brysenia adenophylla	0,54	Bombax spp.	0,4
Barringtonia edulis *	0,48	Buchenauia capitata	0,61, 0,63+	Brachystegia spp.	0,52
Bauhinia spp.	0,67	Bucida buceras	0,93	Bridelia micrantha	0,47*
Beilschmiedia tawa	0,58	Bulnesia arborea	1	Calpocalyx klainei	0,63*
Berrya cordifolia	0,78*	Bursera simaruba	0,29, 0,34+	Canarium schweinfurthii	0,40*
Bischofia javanica	0,54, 0,58, 0,62+	Byrsonima coriacea	0,64	Canthium rubrostratum	0,63*
Bleasdalea vitiensis	0,43	Cabrlea cangerana	0,55	Carapa procera	0,59
Bombax ceiba	0,33	Caesalpinia spp.	1,05	Casearia battiscombei	0,5
Bombycidendron vidalianum	0,53	Calophyllum sp.	0,65	Cassipourea euryoides	0,70*
Boswellia serrata	0,5	Camposperma panamensis	0,33, 0,50+	Cassipourea malosana	0,59*
Bridelia squamosa	0,5	Carapa sp.	0,47	Ceiba pentandra	0,26
Buchanania latifolia	0,45	Caryocar spp.	0,69, 0,72+	Celtis spp.	0,59
Bursera serrata	0,59	Casearia sp.	0,62	Chlorophora ercelsa	0,55
Butea monosperma	0,48	Cassia moschata	0,71	Chrysophyllum albidum	0,56*
Calophyllum spp.	0,53	Casuarina equisetifolia	0,81	Cleistanthus mildbraedii	0,87*
Calycarpa arborea	0,53	Catostemma spp.	0,55	Cleistopholis patens	0,36*
Cananga odorata	0,29	Cecropia spp.	0,36	Coelocaryon preussii	0,56**
Canarium spp.	0,44	Cedrela spp.	0,40, 0,46+	Cola sp.	0,70**
Canthium monstrosum	0,42	Cedrelinga catenaeformis	0,41, 0,53+	Combretodendron macrocarpum	0,7
Cartodosa calycina	0,66*	Ceiba pentandra	0,23, 0,24, 0,25, 0,29+	Conopharyngia holstii	0,50*

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.

* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).

Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)					
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m³ de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES					
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)					
ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Cassia javanica	0,69	Centrolobium spp.	0,65	Copaifera religiosa .	0,50"
Castanopsis philippensis	0,51	Cespedesia macrophylla	0,63	Cordia millenii	0,34
Casuarina equisetifolia	0,83	Chaetocarpus schomburgkianus	0,8	Cordia platythyrsa	0,36"
Casuarina nodiflora	0,85	Chlorophora tinctoria	0,71, 0,75+	Corynanthe pachyceras	0,63"
Cedrela odorata	0,38	Clarisia racemosa	0,53, 0,57+	Coda edulis	0,78*
Cedrela spp.	0,42	Clusia rosea	0,67	Croton megalocarpus	0,57
Cedrela toona	0,43	Cochlospermum orinocensis	0,26	Cryptosepalum staudtii	0,70*
Ceiba pentandra	0,23	Copaifera spp.	0,46, 0,55+	Ctenolophon englerianus	0,78*
Celtis luzonica	0,49	Cordia spp. (gerascanthus group)	0,74	Cylicodiscus Gabonensis	0,8
Chisocheton pentandrus	0,52	Cordia spp. (todosiodora group)	0,48	Cynometra alexandri	0,74
Chloroxylon swietenia	0,76, 0,79, 0,80+	Couepia sp.	0,7	Dacryodes spp.	0,61
Chukrassia tabularis	0,57	Couma macrocarpa	0,50, 0,53+	Daniellia ogea	0,40*
Citrus grandis	0,59	Couratari spp.	0,5	Desbordesia pierreana	0,87"
Cleidion speciflorum	0,5	Croton xanthochloros	0,48	Detarium senegalensis	0,63*
Cleistanthus eollinus	0,88	Cupressus lusitanica	0,43, 0,44+	Dialium excelsum	0,78*
Cleistocalyx spp.	0,76	Cyrilla racemiflora	0,53	Didelotia africana	0,78"
Cochlospermum gossypium+religiosum	0,27	Dactyodes colombiana	0,51	Didelotia letouzeyi	0,5
Cocos nucifera	0,5	Dacryodes excelsa	0,52, 0,53+	Diospyros spp.	0,82
Colona serratifolia	0,33	Dalbergia retusa.	0,89	Discoglypemma caloneura	0,32*
Combretodendron quadrialatum	0,57	Dalbergia stevensonii	0,82	Distemonanthus benthamianus	0,58
Cordia spp.	0,53	Declinanona calycina	0,47	Secopetes sp.	0,63*
Cotylelobium spp.	0,69	Dialium guianensis	0,87	Ehretia acuminata	0,51*
Crataeva religiosa	0,53*	Dialyanthera spp.	0,36, 0,48+	Enantia chlorantha	0,42"
Cratoxylon arborescens	0,4	Dicorynia paraensis	0,6	Endodesmia calophylloides	0,66"
Cryptocarya spp.	0,59	Didymopanax sp.	0,74	Entandrophragma utile	0,53
Cubilia cubili	0,49	Dimorphandra mora	0,99*	Eribroma oblongum	0,60*
Cullenia excelsa	0,53	Diplotropis purpurea	0,76, 0,77, 0,78+	Eriocoelum microspermum	0,50"
Cynometra spp.	0,8	Dipterix odorata	0,81, 0,86, 0,89+	Erismadelphus ensul	0,56*
Dacrycarpus imbricatus	0,45, 0,47+	Secopetes variabilis	0,69	Erythrina vogelii	0,25"
Dacrydium spp.	0,46	Dussia lehmannii	0,59	Erythrophleum ivorense	0,72
Dacryodes spp.	0,61	Ecclinusa guianensis	0,63	Erythroxyllum mannii	0,5
Dalbergia paniculata	0,64	Endlicheria cocvirey	0,39	Fagara macrophylla	0,69
Decussocarpus vitiensis	0,37	Enterolobium schomburgkii	0,82	Ficus iteophylla	0,40"
Degeneria vitiensis	0,35	EPerúa spp.	0,78	Fumtumia latifolia	0,45*
Dehaasia triandra	0,64	Eriotheca sp.	0,4	Gambeya spp.	0,56*
Dialium spp.	0,8	Erisma uncinatum	0,42, 0,48+	Garcinia punctata	0,78"
Dillenia spp.	0,59	Erythrina sp.	0,23	Gilletiodendron mildbraedii	0,87"
Diospyros spp.	0,7	Eschweilera spp.	0,71, 0,79, 0,95+	Gossweilerodendron balsamiferum	0,4
Diplodiscus paniculatus	0,63	Eucalipto robusta	0,51	Guarea thompsonii	0,55"
Dipterocarpus caudatus	0,61	Eugenia stahlil	0,73	Guibourtia spp.	0,72
Dipterocarpus eurynchus	0,56	Euxylophora paraensis	0,68, 0,70+	Hannoa klaineana	0,28"
Dipterocarpus gracilis	0,61	Fagara spp.	0,69	Harungana madagascariensis	0,45"
Dipterocarpus grandiflorus	0,62	Ficus sp.	0,32	Hexalobus crispiflorus	0,48"
Dipterocarpus kerrii	0,56	Genipa spp.	0,75	Holoptelea grandis	0,59"

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
 * El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
 Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)					
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m ³ de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES (Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)					
ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
<i>Dipterocarpus kunsterii</i>	0,57	<i>Goupia glabra</i>	0,67, 0,72+	<i>HoMalium</i> spp.	0,7
<i>Dipterocarpus</i> spp.	0,61	<i>Guarea chalde</i>	0,52	<i>Hylodendron Gabonense.</i>	0,78"
<i>Dipterocarpus warburgii</i>	0,52	<i>Guarea</i> spp.	0,52	<i>Hymenostegia pellegrini</i>	0,78"
<i>Dracontomelon</i> spp.	0,5	<i>Guatteria</i> spp.	0,36	<i>Irvingia grandifolia</i>	0,78"
<i>Secoobalanops</i> spp.	0,61	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,52, 0,50+	<i>Julbernardia globiflora</i>	0,78
<i>Dtypetes bordenii</i>	0,75	<i>Guettarda scabra</i>	0,65	<i>Khaya ivorensis</i>	0,44
<i>Durio</i> spp.	0,53	<i>Guillielma gasipae</i>	0,95, 1,25+	<i>Klainedoxa Gabonensis</i>	0,87
<i>Dyera costulata</i>	0,36	<i>Gwtavia</i> sp.	0,56	<i>Lannea welwitschii</i>	0,45""
<i>Dysoxylum quercifolium</i>	0,49	<i>Helicostylis tomentosa</i>	0,68, 0,72+	<i>Lecomtedoxa klainenna</i>	0,78"
<i>Elaeocarpus serratus</i>	0,40*	<i>Hernandia Sonora</i>	0,29	<i>Letestua durissima</i>	0,87"
<i>Emblca officinalis</i>	0,8	<i>Hevea brasiliense</i>	0,49	<i>Lophira alata</i>	0,87"
<i>Endiandra laxiflora</i>	0,54	<i>Himatanthus articulata</i>	0,40, 0,54+	<i>Lovoa trichilioides</i>	0,45"
<i>Endospermum</i> spp.	0,38	<i>Hirtella davisii</i>	0,74	<i>Macaranga kilimandscharica</i>	0,40*
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0,35	<i>Humiria balsamifera</i>	0,66, 0,67+	<i>Maesopsis eminii</i>	0,41
<i>Epicharis cumingiana</i>	0,73	<i>Humirastrum procera</i>	0,7	<i>Malacantha</i> sp. aff. <i>alnifolia</i>	0,45"
<i>Erythrina subumbrans</i>	0,24	<i>Hura crepitans</i>	0,36, 0,37, 0,38+	<i>Mammea africana</i>	0,62
<i>Erythrophloeum densiflorum</i>	0,65	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	0,60, 0,64+	<i>Manilkara lacera</i>	0,78"
<i>Eucalipto citriodora</i>	0,64	<i>Hyeronima laxiflora</i>	0,59	<i>Markhamia platycalyx</i>	0,45*
<i>Eucalipto deglupta</i>	0,34	<i>Hymenaea davisii</i>	0,67	<i>Memecylon capitellatum</i>	0,77"
<i>Eugenia</i> spp.	0,65	<i>Hymenolobium</i> sp.	0,64	<i>Microberlinia brazzavillensis</i>	0,7
<i>Fagraea</i> spp.	0,73	<i>Inga</i> sp.	0,49, 0,52, 0,58, 0,64+	<i>Microcos coriaceus</i>	0,42"
<i>Ficus benjamina</i>	0,65	<i>Iryanthera</i> spp.	0,46	<i>Milletia</i> spp.	0,72
<i>Ficus</i> spp.	0,39	<i>Jacaranda</i> sp.	0,55	<i>Mitragyna stipulosa</i>	0,47
<i>Ganua obovatifolia</i>	0,59	<i>Joannesia heveoides</i>	0,39	<i>Monopetalanthus pellegrinii</i>	0,47"
<i>Garcinia myrtifolia</i>	0,65	<i>Lachmellea speciosa</i>	0,73	<i>Musanga cecropioides</i>	0,23
<i>Garcinia</i> spp.	0,75	<i>Laetia procera</i>	0,68	<i>Nauclea diderrichii</i>	0,63
<i>Gardenia turgida</i>	0,64	<i>Lecythis</i> spp.	0,77	<i>Neopoutonia macrocalyx</i>	0,32"
<i>Garuga pinnata</i>	0,51	<i>Licania</i> spp.	0,78	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	0,65
<i>Gluta</i> spp.	0,63	<i>Licaria</i> spp.	0,82	<i>Ochtocosmus africanus</i>	0,78"
<i>Gmelina arborea</i>	0,41, 0,45+	<i>Lindackeria</i> sp.	0,41	<i>Odyndea</i> spp.	0,32
<i>Gmelina vitiensis</i>	0,54	<i>Linociera domingensis</i>	0,81	<i>Oldfieldia africana</i>	0,78*
<i>Gonocaryum calleryanum</i>	0,64	<i>Lonchocarpus</i> spp.	0,69	<i>Ongokea gore</i>	0,72
<i>Gonystylus punctatus</i>	0,57	<i>Loxopterygium sagotii</i>	0,56	<i>Oxystigma oxyphyllum</i>	0,53
<i>Grewia tiliaefolia</i>	0,68	<i>Lucuma</i> spp.	0,79	<i>Pachyelsma tessmannii</i>	0,70"
<i>Hardwickia binata</i>	0,73	<i>Luehea</i> spp.	0,5	<i>Pachypodanthium staudtii</i>	0,58"
<i>Harpullia arborea</i>	0,62	<i>Lueheopsis duckeana</i>	0,64	<i>Paraberlinia bifoliolata</i>	0,56"
<i>Heritiera</i> spp.	0,56	<i>Mabea piriri</i>	0,59	<i>Parinari glabra</i>	0,87"
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,53	<i>Machaerium</i> spp.	0,7	<i>Parkia bicolor</i>	0,36"
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	0,57	<i>Macoubea guianensis</i>	0,40*	<i>Pausinystalia brachythyrsa</i>	0,56"
<i>Homalanthus populneus</i>	0,38	<i>Magnolia</i> spp.	0,52	<i>Pausinystalia</i> cf. <i>talbotii</i>	0,56"
<i>HoMalium</i> spp.	0,76	<i>Maguira sclerophylla</i>	0,57	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0,78"
<i>Hopea acuminata</i>	0,62	<i>Mammea Americana</i>	0,62	<i>Pentadesma butyracea</i>	0,78"
<i>Hopea</i> spp.	0,64	<i>Mangifera indica</i>	0,55	<i>Phyllanthus discoideus</i>	0,76"
<i>Intsia palembanica</i>	0,68	<i>Manilkara</i> sp.	0,89	<i>Pierreodendron africanum</i>	0,70;"
<i>Kayea garciae</i>	0,53	<i>Marila</i> sp.	0,63	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,56

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.

* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).

Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)					
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m ³ de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS (Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)					
ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Kingiodendron alternifolium	0,48	Marmaroxylon racemosum	0,78*	Plagiostyles africana	0,70''
Kleinhovia hospita	0,36	Matayba domingensis	0,7	Poga oleosa	0,36
Knema spp.	0,53	Matisia hirta	0,61	Polyalthia suaveolens	0,66''
Koompassia excelsa	0,63	Maytenus spp.	0,71	Premna angolensis	0,63''
Koordersiodendron pinnatum	0,65, 0,69+	Mezilaurus lindaviana	0,68	Pteleopsis hylodendron	0,63*
Kydia calycina	0,72	Michropholis spp.	0,61	Pterocarpus soyauxii	0,61
Lagerstroemia spp.	0,55	Minquartia guianensis	0,76, 0,79+	Pterygota spp.	0,52
Lanea grandis	0,5	Mora sp.	0,71	Pycnanthus angolensis	0,4
Leucaena leucocephala	0,64	Mouriria sideroxylon	0,88	Randia cladantha	0,78*
Litchi chinensis ssp. philippinensis	0,88	Myrciaria floribunda	0,73	Rauwolfia macrophylla	0,47*
Lithocarpus soleriana	0,63	Myristica spp.	0,46	Ricinodendron heudelotii	0,2
Litsea spp.	0,4	Myroxylon balsamum	0,74, 0,76, 0,78+	Saccoglottis Gabonensis	0,74''
Lophopetalum spp.	0,46	Nectandra spp.	0,52	Santiria trimera	0,53*
Macaranga denticulata	0,53	O c o t e a spp.	0,51	Sapium ellipticum	0,50*
Madhuca oblongifolia	0,53	Onychopetalum amazonicum	0,64	Schrebera arborea	0,63*
Mtodosotus philippensis	0,64	Ormosia spp.	0,59	Sclorodophloeus zenkeri	0,68*
Mangifera spp.	0,52	Ouratea sp.	0,66	Scottellia coriacea	0,56
Maniltoa minor	0,76	Pachira acuatica	0,43	Scyphocephalum ochocoa	0,48
Mastixia philippinensis	0,47	Paratecoma peroba	0,6	Scytopetalum tieghemii	0,56''
Melanorrhea spp.	0,63	Parinari spp.	0,68	Sindoropsis leteui	0,56*
Melia dubia	0,4	Parkia spp.	0,39	Staudtia stipitata	0,75
Melicope triphylla	0,37	Peltogyne spp.	0,79	Stemonocoleus micranthus	0,56''
Meliosma macrophylla	0,27	Pentaclethra macroloba	0,65, 0,68+	Sterculia rhinopetala	0,64
Melochia umbellata	0,25	Perú glabrata	0,65	Strephonema pseudocola	0,56*
Me&a ferrea	0,83, 0,85+	Perú schomburgkiana	0,59	Strombosiopsis tetrandra	0,63''
Metrosideros collina	0,70, 0,76+	Persea spp.	0,40, 0,47, 0,52+	Swartzia fistuloides	0,82
Michelia spp.	0,43	Petitia domingensis	0,66	Symphonia globulifera	0,58''
Microcos stylocarpa	0,4	Pinus caribaea	0,51	Syzygium cordatum	0,59*
Micromelum compressum	0,64	Pinus oocarpa	0,55	Terminalia superba	0,45
Milliusa velutina	0,63	Pinus patula	0,45	Tessmania africana	0,85''
Mimusops elengi	0,72*	Piptadenia sp.	0,58	Testulea Gabonensis	0,6
Mitragyna parviflora	0,56	Piranhea longepedunculata	0,9	Tetraberlinia tubmaniana	0,60''
Myristica spp.	0,53	Piratinera guianensis	0,96	Tetrapleura tetraptera	0,50''
Neesia spp.	0,53	Pithecellobium guachapele (syn. Pseudosamea)	0,56	Tieghemella heckelii	0,55''
Neonuclea bernardoi	0,62	Platonia insignis	0,70*	Trema sp.	0,40*
Neotrewia cumingii	0,55	Platymiscium spp.	0,71, 0,84+	Trichilia prieureana	0,63''
Ochna foxworthyi	0,86	Podocarpus spp.	0,46	Trichoscypha arborea	0,59''
Ochroma pyramidale	0,3	Pourouma aff. melinonii	0,32	Triplochiton scleroxylon.	0,32
Octomeles sumatrana	0,27, 0,32+	Pouteria spp.	0,64, 0,67+	Uapaca spp.	0,6
Oroxylon indicum	0,32	Prioria copaifera	0,40, 0,41+	Vepris undulata	0,70''
Ougenia dalbergiodes	0,7	Protium spp.	0,53, 0,64+	Vitex doniana	0,4
Palaquium spp.	0,55	Pseudolmedia laevigata	0,64	Xylopia staudtii	0,36*
Pangium edule	0,5	Pterocarpus spp.	0,44		
Parashorea malaanonan	0,51	Pterogyne nitens	0,66		
Parashorea stellata	0,59	Qualea albiflora	0,5		
Paratrophis glabra	0,77	Qualea cf. lancifolia	0,58		
Parinari spp.	0,68	Qualea dinizii	0,58		

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.

* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).

Fuente: Reyes, Gisell; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)					
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m ³ de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES (Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)					
ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
<i>Parkia roxburghii</i>	0,34	<i>Qualea</i> spp.	0,55		
<i>Payena</i> spp.	0,55	<i>Quararibaea guianensis</i>	0,54		
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	0,62	<i>Quercus alata</i>	0,71		
<i>Pentace</i> spp.	0,56	<i>Quercus costaricensis</i>	0,61		
<i>Phaeanthus ebracteolatus</i>	0,56	<i>Quercus eugeniaefolia</i>	0,67		
<i>Phyllocladus hypophyllus</i>	0,53	<i>Quercus</i> spp.	0,7		
<i>Pinus caribaea</i>	0,48	<i>Raputia</i> sp.	0,55		
<i>Pinus insularis</i>	0,47, 0,48+	<i>Rheedia</i> spp.	0,72		
<i>Pinus merkusii</i>	0,54	<i>Rollinia</i> spp.	0,36		
<i>Pisonia umbellifera</i>	0,21	<i>Saccoglottis cydonioides</i>	0,72		
<i>Pittosporum pentandrum</i>	0,51	<i>Sapium</i> spp.	0,47, 0,72+		
<i>Planchonia</i> spp.	0,59	<i>Schinopsis</i> spp.	1		
<i>Podocarpus</i> spp.	0,43	<i>Sclerobium</i> spp.	0,47		
<i>Polyalthia flava</i>	0,51	<i>Sickingia</i> spp.	0,52		
<i>Polyscias nodosa</i>	0,38	<i>Simaba multiflora</i>	0,51		
<i>Pometia</i> spp.	0,54	<i>Simarouba amara</i>	0,32, 0,34, 0,38+		
<i>Pouteria villamilii</i>	0,47	<i>Sloanea guianensis</i>	0,79		
<i>Premna tomentosa</i>	0,96	<i>Spondias mombin</i>	0,30, 0,40, 0,41+		
<i>Pterocarpus marsupium</i>	0,67	<i>Sterculia</i> spp.	0,55		
<i>Pterocymbium tinctorium</i>	0,28	<i>Stylogyne</i> spp.	0,69		
<i>Pyge'um vulgare</i>	0,57	<i>Swartzia</i> spp.	0,95		
<i>Quercus</i> spp.	0,7	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,42, 0,45, 0,46, 0,54+		
<i>Radermachera pinnata</i>	0,51	<i>Symphonia globulifera</i>	0,68		
<i>SalMálfa malabarica</i>	0,32, 0,33+	<i>Tabebuia</i> spp. (lapacho group)	0,91		
<i>Samanea saman</i>	0,45, 0,46+	<i>Tabebuia</i> spp. (roble)	0,52		
<i>Sandoricum vidalii</i>	0,43	<i>Tabebuia</i> spp. (white cedar)	0,57		
<i>Sapindus saponaria</i>	0,58	<i>Tabebuia stenocalyx</i>	0,55, 0,57+		
<i>Sapium luzontcum</i>	0,4	<i>Tachigalia myrmecophylla</i>	0,56		
<i>Schleichera oleosa</i>	0,96	<i>Talisia</i> sp.	0,84		
<i>Schrebera swietenoides</i>	0,82	<i>Tapirira guianensis</i>	0,47*		
<i>Semicarpus anacardium</i>	0,64	<i>Terminalia</i> sp.	0,50, 0,51, 0,58+		
<i>Serialbizia acle</i>	0,57	<i>Tetragastris altissima</i>	0,61		
<i>Serianthes melanesica</i>	0,48	<i>Toluifera balsamum</i>	0,74		
<i>Sesbania grandiflora</i>	0,4	<i>Torrubia</i> sp.	0,52		
<i>Shorea assamica forma philippinensis</i>	0,41	<i>Toulicia pulvinata</i>	0,63		
<i>Shorea astylosa</i>	0,73	<i>Tovomita guianensis</i>	0,6		
<i>Shorea ciliata</i>	0,75	<i>Trattinickia</i> sp.	0,38		
<i>Shorea contorta</i>	0,44	<i>Trichilia propingua</i>	0,58		
<i>Shorea gisok</i>	0,76	<i>Trichosperma mexicanum</i>	0,41		
<i>Shorea guiso</i>	0,68	<i>Triplaris</i> spp.	0,56		
<i>Shorea hopeifolia</i>	0,44	<i>Trophis</i> sp.	0,54		
<i>Shorea Malbato</i>	0,78	<i>Vatairea</i> spp.	0,6		
<i>Shorea negrosensis</i>	0,44	<i>Virola</i> spp.	0,40, 0,44, 0,48+		
<i>Shorea palosapis</i>	0,39	<i>Vismia</i> spp.	0,41		
<i>Shorea plagata</i>	0,7	<i>Vitex</i> spp.	0,52, 0,56, 0,57+		

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleáns, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)					
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m ³ de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES					
(Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)					
ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Shorea polita	0,47	Vitex stahelii	0,6		
Shorea polysperma	0,47	Vochysia spp.	0,40, 0,47, 0,79+		
Shorea robusta	0,72	Vouacapoua Americana	0,79		
Shorea spp. balau group	0,7	Warszewicia coccinea	0,56		
Shorea spp. dark red meranti	0,55	Xanthoxylum martinicensis	0,46		
Shorea spp. light red meranti	0,4	Xanthoxylum spp.	0,44		
Shorea spp. white meranti	0,48	Xylopiya frutescens	0,64"		
Shorea spp. yellow meranti	0,46				
Shorea virescens	0,42				
Sloanea javanica	0,53				
Soymida febrifuga	0,97				
Spathodea campanulata	0,25				
Stemonurus luzoniensis	0,37				
Sterculia vitiensis	0,31				
Stereospermum suaveolens	0,62				
Strombosia philippinensis	0,71				
Strychnos potatorum	0,88				
Swietenia macrophylla	0,49, 0,53+				
Swintonia foxworthyi	0,62				
Swintonia spp.	0,61				
Sycopsis dunni	0,63				
Syzygium spp.	0,69, 0,76+				
Tamarindus indica	0,75				
Tectona grandis	0,50, 0,55+				
Teijsmanniodendron ahernianum	0,9				
Terminalia citrina	0,71				
Terminalia copelandii	0,46				
Terminalia foetidissima	0,55				
Terminalia microcarpa	0,53				
Terminalia nitens	0,58				
Terminalia pterocarpa	0,48				
Terminalia tomentosa	0,73, 0,76, 0,77+				
Ternstroemia megacarpa	0,53				
Tetrameles nudiflora	0,3				
Tetramerista glabra	0,61				
Thespesia populnea	0,52				
Toona calantas	0,29				
Trema orientalis	0,31				

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.9-2 (CONTINUACIÓN)					
DENSIDADES DE MADERA BÁSICAS (D) DE TRONCOS (toneladas de materia seca/m ³ de volumen recién talado) PARA ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES (Sirve para el valor de D en las Ecuaciones 3.2.3, 3.2.5, 3.2.7, 3.2.8)					
ASIA TROPICAL	D	AMÉRICA TROPICAL	D	ÁFRICA TROPICAL	D
Trichospermum richii	0,32				
Tristania spp.	0,80				
Turpinia ovalifolia	0,36				
Vateria indica	0,47*				
Vatica spp.	0,69				
Vitex spp.	0,65				
Wtadosaceodendron celebicum	0,55, 0,57+				
Weinmannia luzoniensis	0,49				
Wrightia tinctoria	0,75				
Xanthophyllum excelsum	0,63				
Xanthostemon verdugonianus	1,04				
Xylia xylocarpa	0,73, 0,81+				
Zanthoxylum rhetsa	0,33				
Zizyphus spp.	0,76				

+ Las densidades de madera aquí especificadas provienen de más de una fuente bibliográfica.
* El valor de la densidad de madera se ha obtenido de la ecuación de regresión de Reyes *et al.* (1992).
Fuente: Reyes, Gisel; Brown, Sandra; Chapman, Jonathan; Lugo, Ariel E. 1992. Wood densities of tropical tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88 Nueva Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 págs.

CUADRO 3A.1.10				
VALORES POR DEFECTO DE LOS FACTORES DE EXPANSIÓN DE LA BIOMASA (FEB)				
(FEB ₂ se utilizará en relación con los datos sobre la biomasa en pie de la Ecuación 3.2.3; y FEB ₁ se utilizará en relación con los datos incrementales de la Ecuación 3.2.5)				
Zona climática	Tipo de bosque	Valor mínimo del diámetro a la altura del pecho (cm)	FEB ₂ (con corteza) para utilizar en relación con los datos de la biomasa en pie (Ecuación 3.2.3)	FEB ₁ (con corteza) para utilizar en relación con los datos incrementales (Ecuación 3.2.5)
Región boreal	Coníferas	0-8,0	1,35 (1,15-3,8)	1,15 (1-1,3)
	Hoja ancha	0-8,0	1,3 (1,15-4,2)	1,1 (1-1,3)
Templada	Coníferas: Picea-abeto	0-12,5	1,3 (1,15-4,2)	1,15 (1-1,3)
	Pinos	0-12,5	1,3 (1,15-3,4)	1,05 (1-1,2)
	Hoja ancha	0-12,5	1,4 (1,15-3,2)	1,2 (1,1-1,3)
Tropical	Pinos	10,0	1,3 (1,2-4,0)	1,2 (1,1-1,3)
	Hoja ancha	10,0	3,4 (2,0-9,0)	1,5 (1,3-1,7)

Nota: Los valores de FEB₂ aquí indicados representan promedios de madera en pie o de edad; el límite superior de la escala representa bosques jóvenes o bosques con poca madera en pie; los límites inferiores de la escala aproximan los valores de los bosques adultos o con mucha madera en pie. Estos valores son aplicables a la biomasa de madera en pie (peso seco), incluida la corteza, para un diámetro mínimo a la altura del pecho; el diámetro superior mínimo y el tratamiento de las ramas no están especificados. El resultado representa biomasa arbórea sobre el suelo.

Fuentes: Isaev *et al.*, 1993; Brown, 1997; Brown y Schroeder, 1999; Schoene, 1999; ECE/FAO TBFA, 2000; Lowe *et al.*, 2000; consultar también en los documentos de trabajo 68 y 69 de la ERF los promedios para los países en desarrollo (<http://www.fao.org/forestry/index.jsp>)

CUADRO 3A.1.11	
VALORES POR DEFECTO DE LA FRACCIÓN DE LA RECOLECCIÓN TOTAL QUE SE DESCOMPONE EN LOS BOSQUES, f _{BD}	
(Sirve sólo para f _{BD} en la Ecuación 3.2.7)	
Región	f _{BD}
Región boreal gestionada intensivamente	0,07
Región templada gestionada intensivamente	0,1
Bosques de región templada seminaturales	0,15
Plantación tropical	0,25
Tala selectiva tropical en bosques primarios	0,4

<p align="center">CUADRO 3A.1.12 VALORES DEL FACTOR DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE BIOMASA CONSUMIDA ANTES DE LA COMBUSTIÓN) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN</p> <p align="center">(Los valores de la columna 'media' sirven para el valor de $(1-f_{BD})$ en la Ecuación 3.2.9 y de $\rho_{quemada}$ en el lugar en la Ecuación 3.3.10)</p>							
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	Nº m ¹	Escala	No.r ²	Referencias
Bosque tropical primario (desbroce y quema)	Bosque tropical primario	0,32	0,12	14	0,20 – 0,62	17	7, 8, 15, 56, 66, 3, 16, 53, 17, 45,
	Bosque tropical abierto primario	0,45	0,09	3	0,36 – 0,54	3	21
	Bosque húmedo tropical primario	0,50	0,03	2	0,39 – 0,54	2	37, 73
	Bosque seco tropical primario	-	-	0	0,78 – 0,95	1	66
Todos los bosques tropicales primarios		0,36	0,13	19	0,19 – 0,95	23	
Bosque tropical secundario (desbroce y quema)	Bosque tropical secundario joven (3-5 años)	0,46	-	1	0,43 – 0,52	1	61
	Bosque tropical intermedio secundario (6-10 años)	0,67	0,21	2	0,46 – 0,90	2	61, 35
	Bosque tropical secundario avanzado (14-17 años)	0,50	0,10	2	0,36 – 0,79	2	61, 73
Todos los bosques tropicales secundarios		0,55	0,06	8	0,36 – 0,90	9	56, 66, 34, 30
Todos los bosques tropicales terciarios		0,59	-	1	0,47 – 0,88	2	66, 30
Bosque de región boreal	Incendio espontáneo (general)	0,40	0,06	2	0,36 – 0,45	2	33
	Incendio de copas	0,43	0,21	3	0,18 – 0,76	6	66, 41, 64, 63
	Incendio de superficie	0,15	0,08	3	0,05 – 0,73	3	64, 63
	Desbroce y quema tras la tala	0,33	0,13	4	0,20 – 0,58	4	49, 40, 18
	Incendio para desbroce	0,59	-	1	0,50 – 0,70	1	67
Todos los bosques de región boreal		0,34	0,17	15	0,05 – 0,76	16	45, 47
Bosques de eucaliptos	Incendio espontáneo	-	-	0	-	0	
	Incendio prescrito – (superficie)	0,61	0,11	6	0,50 – 0,77*	6	72, 54, 60, 9
	Desbroce y quema tras la tala	0,68	0,14	5	0,49 – 0,82	5	25, 58, 46
	Talado y quemado (quema para deforestar)	0,49	-	1	-	1	62
Todos los bosques de eucaliptos		0,63	0,13	12	0,49 – 0,82	12	
Otros bosques de región templada	Desbroce y quema tras la tala	0,62	0,12	7	0,48 – 0,84	7	55, 19, 27, 14
	Talado y quemado (quema para deforestar)	0,51	-	1	0,16 – 0,58	3	53, 24, 71
Todos los demás bosques de región templada		0,45	0,16	19	0,16 – 0,84	17	53, 56
Monte	Tierras arbustivas (general)	0,95	-	1	-	1	44
	Brezo <i>Ctodosuna</i>	0,71	0,30	4	0,27 – 0,98	4	26, 56, 39
	Fynbos	0,61	0,16	2	0,50 – 0,87	2	70, 44
Todo tipo de arbustos		0,72	0,25	7	0,27 – 0,98	7	
Sabanas (quemadas tempranas en la estación seca)*	Sabana [®]	0,22	-	1	0,01 – 0,47	1	28
	Parque de sabana	0,73	-	1	0,44 – 0,87	1	57
	Otros tipos de sabana	0,37	0,19	4	0,14 – 0,63	4	22, 29
Todos los tipos de sabana (quemadas tempranas en la estación seca)		0,40	0,22	6	0,01 – 0,87	6	
Sabanas (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*	Sabanas [®]	0,72	-	1	0,71 – 0,88	2	66, 57
	Parques de sabana	0,82	0,07	6	0,49 – 0,96	6	57, 6, 51
	Sabana tropical [#]	0,73	0,04	3	0,63 – 0,94	5	52, 73, 66, 12
	Otros tipos de sabana	0,68	0,19	7	0,38 – 0,96	7	22, 29, 44, 31, 57
Todos los tipos de sabana (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*		0,74	0,14	17	0,29 – 0,96	20	

¹ Nº m = número de observaciones para la media.

² Nº r = número de observaciones para la escala.

* Combustión en la capa superficial sólo, # campo cerrado, cerrado sensu stricto, ^s campo sujo, campo limpo, dambo, [®] miombo.

- obtenido en bosques tropicales desbrozados (incluye material leñoso no quemado).

CUADRO 3A.1.12 (CONTINUACIÓN)							
VALORES DEL FACTOR DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE BIOMASA CONSUMIDA ANTES DE LA COMBUSTIÓN) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN							
(Los valores de la columna 'media' sirven para el valor de $(1-f_{BD})$ en la Ecuación 3.2.9 y de $\rho_{quemada}$ en el lugar en la Ecuación 3.3.10)							
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	N° m ¹	Escala	No. r ²	Referencias
Praderas/pastos de sabana (quemadas tempranas en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical [§]	0,74	-	1	0,44 – 0,98	1	28
	Pradera	-	-	0	0,18 – 0,78	1	48
Todas las praderas de sabana (quemadas tempranas en la estación seca)*		0,74	-	1	0,18 – 0,98	2	
Praderas/pastos de sabana (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical [§]	0,92	0,11	7	0,71 – 1,00	8	44, 73, 66, 12, 57
	Pastos tropicales [~]	0,35	0,21	6	0,19 – 0,81	7	4, 23, 38, 66
	Sabana	0,86	0,12	16	0,44 – 1,00	23	53, 5, 56, 42, 50, 6, 45, 13, 44, 65, 66
Todas las praderas de sabana (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*		0,77	0,26	29	0,19 – 1,00	38	
Otros tipos de vegetación	Turbera	0,50	-	1	0,50 – 0,68	2	20, 44
	Humedales tropicales	0,70	-	1	-	1	44

¹ N° m = número de observaciones para la media
² N° r = número de observaciones para la escala
* Combustión de la capa superficial sólo, [#] campo cerrado, cerrado sensu stricto, [§] campo sujo, campo limpio, dambo, [@] miombo
[~] obtenido de bosques tropicales desbrozados (incluye material leñoso no quemado)

CUADRO 3A.1.13							
VALORES DEL CONSUMO DE BIOMASA (t/ha) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN							
(Sirve para la Ecuación 3.2.9, en la parte correspondiente a la ecuación: 'B _w • (1-f _{BD})', es decir, una cantidad absoluta)							
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	N° m ¹	Escala	N° r ²	Referencias
Bosque tropical primario (desbroce y quema)	Bosque tropical primario	83,9	25,8	6	10 – 228	9	7, 15, 66, 3, 16, 17, 45
	Bosque tropical abierto primario	163,6	52,1	3	109,9 – 214	3	21,
	Bosque húmedo tropical primario	160,4	11,8	2	115,7 – 216,6	2	37, 73
	Bosque seco tropical primario	-	-	0	57 – 70	1	66
Todos los bosques tropicales primarios		119,6	50,7	11	10 – 228	15	
Bosque tropical secundario (desbroce y quema)	Bosque tropical secundario joven (3-5 años)	8,1	-	1	7,2 – 9,4	1	61
	Bosque tropical secundario intermedio (6-10 años)	41,1	27,4	2	18,8 – 66	2	61, 35
	Bosque tropical secundario avanzado (14-17 años)	46,4	8,0	2	29,1 – 63,2	2	61, 73
Todos los bosques tropicales secundarios		42,2	23,6	5	7,2 – 93,6	5	66, 30
Todos los bosques tropicales terciarios		54,1	-	1	4,5 – 53	2	66, 30
Bosque de región boreal	Incendio espontáneo (general)	52,8	48,4	6	18 – 149	6	2, 33, 66
	Incendio de copas	25,1	7,9	10	15 – 43	10	11, 43, 66, 41, 63, 64
	Incendio de superficie	21,6	25,1	12	1,0 – 148	13	43, 69, 66, 63, 64, 1
	Desbroce y quema tras la tala	69,6	44,8	7	7 – 202	9	49, 40, 66, 18
	Incendio para desbroce	87,5	35,0	3	48 – 136	3	10, 67
Todos los bosques de región boreal		41,0	36,5	44	1,0 – 202	49	43, 45, 69, 47
Bosques de eucaliptos	Incendio espontáneo	53,0	53,6	8	20 – 179	8	66, 32, 9
	Incendio prescrito – (superficie)	16,0	13,7	8	4,2 – 17	8	66, 72, 54, 60, 9
	Desbroce y quema tras la tala	168,4	168,8	5	34 – 453	5	25, 58, 46
	Talado y quemado (quema para deforestar)	132,6	-	1	50 – 133	2	62, 9
Todos los bosques de eucaliptos		69,4	100,8	22	4,2 – 453	23	

CUADRO 3A.1.13 (CONTINUACIÓN)							
VALORES DEL CONSUMO DE BIOMASA (t/ha) PARA LOS INCENDIOS EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN							
(Sirve para la Ecuación 3.2.9, en la parte correspondiente a la ecuación: $B_w \bullet (1 - f_{BD})^1$, es decir, una cantidad absoluta)							
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	DE	Nº m ¹	Escala	Nº r ²	Referencias
Otros bosques de región templada	Incendio espontáneo	19,8	6,3	4	11 - 25	4	32, 66
	Desbroce y quema tras la tala	77,5	65,0	7	15 - 220	8	55, 19, 14, 27, 66
	Talado y quemado (quema para deforestar)	48,4	62,7	2	3 - 130	3	53, 24, 71
Todos los demás bosques de región templada		50,4	53,7	15	3 - 220	18	43, 56
Monte	Tierras arbustivas (general)	26,7	4,2	3	22 - 30	3	43
	Brezo <i>Ctodosuna</i>	11,5	4,3	3	6,5 - 21	3	26, 39
	Salvia arbustiva	5,7	3,8	3	1,1 - 18	4	66
	Fynbos	12,9	0,1	2	5,9 - 23	2	70, 66
Todo tipo de arbustos		14,3	9,0	11	1,1 - 30	12	
Sabanas (quemadas tempranas en la estación seca)*	Sabana [@]	2,5	-	1	0,1 - 5,3	1	28
	Parque de sabana	2,7	-	1	1,4 - 3,9	1	57
Todas las sabanas (quemadas tempranas en la estación seca)		2,6	0,1	2	0,07 - 3,9	2	
Sabanas (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*	Sabana [@]	3,3	-	1	3,2 - 3,3	1	57
	Parque de sabana	4,0	1,1	6	1 - 10,6	6	57, 6, 51
	Sabana tropical [#]	6	1,8	2	3,7 - 8,4	2	52, 73
	Otros tipos de sabana	5,3	1,7	3	3,7 - 7,6	3	59, 57, 31
Todo tipo de sabanas (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*		4,6	1,5	12	1,0 - 10,6	12	
Praderas/pastos de sabana (quemadas tempranas en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical [§]	2,1	-	1	1,4 - 3,1	1	28
	Pradera	-	-	-	1,2 - 11	1	48
Todas las praderas de sabana (quemada temprana en la estación seca)*		2,1	-	1	1,2 - 11	2	
Pradera/pastos de sabana (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*	Pradera tropical/subtropical [§]	5,2	1,7	6	2,5 - 7,1	6	9, 73, 12, 57
	Pradera	4,1	3,1	6	1,5 - 10	6	43, 9
	Pasto tropical [^]	23,7	11,8	6	4,7 - 45	7	4, 23, 38, 66
	Sabana	7,0	2,7	6	0,5 - 18	10	42, 50, 6, 45, 13, 65
Todas las praderas de sabana (quemadas en sazón/tardías en la estación seca)*		10,0	10,1	24	0,5 - 45	29	
Otros tipos de vegetación	Turbera	41	1,4	2	40 - 42	2	68, 33
	Tundra	10	-	1	-	-	33

¹ Nº m = número de observaciones para la media.
² Nº r = número de observaciones para la escala.
 * Combustión de la capa superficial sólo, [#] campo cerrado, cerrado sensu stricto, [§] campo sujo, campo limpo, dambo, [@] miombo.
[^] obtenido de bosques tropicales desbrozados (incluye material leñoso no quemado).

Referencias de los Cuadros 3A.1.12 y 3A.1.13

- Alexander, M., *Calculating and interpreting forest fire intensities*. CANADIAN JOURNAL OF BOTANY, 1978. **60**: págs. 349 a 357.
- Amiro, B., J. Todd, y B. Wotton, *Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959-1999*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 2001. **31**: págs. 512 a 525.
- Araújo, T., J. Carvalho, N. Higuchi, A. Brasil, y A. Mesquita, *A tropical rainforest clearing experiment by biomass burning in the state of Pará, Brazil*. ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 1999. **33**: págs. 1991 a 1998.
- Barbosa, R. y P. Fearnside, *Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of aboveground carbon*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1996. **101**(D20): págs. 25847 a 25857.
- Bilbao, B. y E. Medina, *Types of grassland fires and nitrogen volatilization in tropical savannas of calabozo*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 2. Biomass burning in South America, Southeast Asia, and temperate and boreal ecosystems, and the oil fires of Kuwait*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 569 a 574.

6. Cachier, H., C. Liousse, M. Pertusiot, A. Gaudichet, F. Echalar, y J. Lacaux, *African fire Particulate emissions and atmospheric influence*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 1. Remote Sensing, Modeling and Inventory Development, and Biomass Burning in Africa*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 428 a 440.
7. Carvalho, J., N. Higuchi, T. Araujo, y J. Santos, *Combustion completeness in a rainforest clearing experiment in Manaus, Brazil*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1998. **103**(D11): págs. 13195.
8. Carvalho, J., F. Costa, C. Veras, *et al.*, *Biomass fire consumption and carbon release rates of rainforest-clearing experiments conducted in northern Mato Grosso, Brazil*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 2001. **106**(D16): págs. 17877 a 17887.
9. Cheyney, N., R. Reason, y P. Khana, *Release of carbon to the atmosphere in Australian vegetation fires*, in *Carbon Dioxide and Climate: Australian Research*, G. Pearman, Editor. 1980, Australian Academy of Science: Canberra. págs. 153 a 158.
10. Cofer, W., J. Levine, E. Winstead, y B. Stocks, *Gaseous emissions from Canadian boreal forest fires*. ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 1990. **24A**(7): págs. 1653 a 1659.
11. Cofer, W., E. Winstead, B. Stocks, J. Goldammer, y D. Cahoon, *Crown fire emissions of CO₂, CO, H₂, CH₄, and TNMHC from a dense jack pine boreal forest fire*. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 1998. **25**(21): págs. 3919 a 3922.
12. De Castro, E.A. y J.B. Kauffman, *Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire*. Journal of Tropical Ecology, 1998. **14**(3): págs. 263 a 283.
13. Delmas, R., *On the emission of carbon, nitrogen and sulfur in the atmosphere during bushfires in intertropical savannah zones*. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 1982. **9**(7): págs. 761 a 764.
14. Einfeld, W., D. Ward, y C. Hardy, *Effects of fire behaviour on prescribed fire smoke characteristics: A case study*, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*, J. Levine, Editor. 1991, MIT Press: Massachusetts. págs. 412 a 419.
15. Fearnside, P., N. Filho, y F. Fernandes, *Rainforest burning and the global carbon budget: biomass, combustion efficiency and charcoal formation in the Brazilian Amazon*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1993. **98**(D9): págs. 16733 a 16743.
16. Fearnside, P., P. Graca, N. Filho, J. Rodrigues, y J. Robinson, *Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Para*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 1999. **123**: págs. 65 a 79.
17. Fearnside, P., P. Graca, y J. Rodrigues, *Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 2001. **146**: págs. 115 a 128.
18. Feller, M. *The influence of fire severity, not fire intensity, on understory vegetation biomass in British Columbia*. in *13th Fire and Forest Meteorology Conference*. 1998. Lorne, Australia: IAWF.
19. Flinn, D., P. Hopmans, P. Farell, y J. James, *Nutrient loss from the burning of Pinus radiata logging residue*. AUSTRALIAN FOREST RESEARCH, 1979. **9**: págs. 17 a 23.
20. Garnett, M., P. Ineson, y A. Stevenson, *Effects of burning and grazing on carbon sequestration in a Pennine blanket bog, UK*. HOLOCENE, 2000. **10**(6): págs. 729 a 736.
21. Graca, P., P. Fearnside, y C. Cerri, *Burning of Amazonian forest in Ariquemes, Rondonia, Brazil: biomass, charcoal formation and burning efficiency*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 1999. **120**: págs. 179 a 191.
22. Griffin, G. y M. Friedel, *Effects of fire on central Australian rangelands. I Fire and fuel characteristics and changes in herbage and nutrients*. AUSTRALIAN JOURNAL OF ECOLOGY, 1984. **9**: págs. 381 a 393.
23. Guild, L., J. Kauffman, L. Ellingson, y D. Cummings, *Dynamics associated with total aboveground biomass, C, nutrient pools, and biomass burning of primary forest and pasture in Rondonia, Brazil during SCAR-B*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1998. **103**(D24): págs. 32091 a 32100.
24. Gupta, P., V. Prasad, C. Sharma, A. Sarkar, Y. Kant, K. Badarinath, y A. Mitra, *CH₄ emissions from biomass burning of shifting cultivation areas of tropical deciduous forests - experimental results from ground - based measurements*. CHEMOSPHERE - GLOBAL CHANGE SCIENCE, 2001. **3**: págs. 133 a 143.
25. Harwood, C. y W. Jackson, *Atmospheric losses of four plant nutrients during a forest fire*. AUSTRALIAN FORESTRY, 1975. **38**(2): págs. 92 a 99.
26. Hobbs, P. y C. Gimingham, *Studies on fire in Scottish heathland communities*. JOURNAL OF ECOLOGY, 1984. **72**: págs. 223 a 240.
27. Hobbs, P., J. Reid, J. Herring, *et al.*, *Particle and trace-gas measurements from prescribed burns of forest products in the Pacific Northwest*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 2. Biomass burning in South America, Southeast Asia, and temperate and boreal ecosystems, and the oil fires of Kuwait*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 697 a 715.
28. Hoffa, E., D. Ward, W. Hao, R. Susott, y R. Wakimoto, *Seasonality of carbon emissions from biomass burning in a Zambian savanna*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1999. **104**(D11): págs. 13841 a 13853.
29. Hopkins, B., *Observations on savanna burning in the Olokemeji forest reserve, Nigeria*. JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1965. **2**(2): págs. 367 a 381.
30. Hughes, R., J. Kauffman, y D. Cummings, *Fire in the Brazilian Amazon 3. Dynamics of biomass, C, and nutrient pools in regenerating forests*. OECOLOGIA, 2000. **124**(4): págs. 574 a 588.
31. Hurst, D., W. Griffith, y G. Cook, *Trace gas emissions from biomass burning in tropical Australian savannas*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1994. **99**(D8): págs. 16441 a 16456.
32. Jackson, W., *Nutrient stocks in Tasmanian vegetation and approximate losses due to fire*. Papers and proceedings of the Royal Society of Tasmania, 2000. **134**: págs. 1 a 18.

33. Kasischke, E., N. French, L. Bourgeau-Chavez, y N. Christensen, *Estimating release of carbon from 1990 and 1991 forest fires in Alaska*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 1995. **100**(D2): págs. 2941 a 2951.
34. Kauffman, J. y C. Uhl, *8 interactions of anthropogenic activities, fire, and rain forests in the Amazon Basin*, in *Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Changes*, J. Goldammer, Editor. 1990, Springer-Verlag: Berlin. págs. 117 a 134.
35. Kauffman, J., R. Sanford, D. Cummings, I. Salcedo, y E. Sampaio, *Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests*. ECOLOGY, 1993. **74**(1): págs. 140 a 151.
36. Kauffman, J., D. Cummings, y D. Ward, *Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado*. JOURNAL OF ECOLOGY, 1994. **82**: págs. 519 a 531.
37. Kauffman, J., D. Cummings, D. Ward, y R. Babbitt, *Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests*. OECOLOGIA, 1995. **104**: págs. 397 a 408.
38. Kauffman, J., D. Cummings, y D. Ward, *Fire in the Brazilian Amazon: 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures*. OECOLOGIA, 1998. **113**: págs. 415 a 427.
39. Kayll, A., *Some characteristics of heath fires in north-east Scotland*. JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1966. **3**(1): págs. 29 a 40.
40. Kiil, A., *Fuel consumption by a prescribed burn in spruce-fir logging slash in Alberta*. THE FORESTRY CHRONICLE, 1969: págs. 100 a 102.
41. Kiil, A., *Fire spread in a black spruce stand*. CANADIAN FORESTRY SERVICE BI-MONTHLY RESEARCH NOTES, 1975. **31**(1): págs. 2 a 3.
42. Lacaux, J., H. Cachier, y R. Delmas, *Biomass burning in Africa: an overview of its impact on atmospheric chemistry*, in *Fire in the Environment: The Ecological, Atmospheric, and Climatic Importance of Vegetation Fires*, P. Crutzen and J. Goldammer, Editors. 1993, John Wiley & Sons: Chichester. págs. 159 a 191.
43. Lavoue, D., C. Liousse, H. Cachier, B. Stocks, y J. Goldammer, *Modeling of carbonaceous particles emitted by boreal and temperate wildfires at northern latitudes*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES, 2000. **105**(D22): págs. 26871 a 26890.
44. Levine, J., *Global biomass burning: a case study of the gaseous and particulate emissions released to the atmosphere during the 1997 fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia*, in *Biomass Burning and its Inter-relationships with the Climate System*, J. Innes, M. Beniston, and M. Verstraete, Editors. 2000, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht. págs. 15 a 31.
45. Levine, J. y W. Cofer, *Boreal forest fire emissions and the chemistry of the atmosphere*, in *Fire, Climate Change and Carbon Cycling in the Boreal Forest*, E. Kasischke and B. Stocks, Editors. 2000, Springer-Verlag: New York. págs. 31 a 48.
46. Marsdon-Smedley, J. y A. Slijepcevic, *Fuel characteristics and low intensity burning in Eucalyptus obliqua wet forest at the Warra LTER site*. TASFORESTS, 2001. **13**(2): págs. 261 a 279.
47. Mazurek, M., W. Cofer, y J. Levine, *Carbonaceous aerosols from prescribed burning of a boreal forest ecosystem*, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*, J. Levine, Editor. 1991, MIT Press: Massachusetts. págs. 258 a 263.
48. McNaughton, S., N. Stronach, y N. Georgiadis, *Combustion in natural fires and global emissions budgets*. ECOLOGICAL APPLICATIONS, 1998. **8**(2): págs. 464 a 468.
49. McRae, D. y B. Stocks. *Large-scale convection burning in Ontario*. in *Ninth Conference on Fire and Forest Meteorology*. 1987. San Diego, California: American Meteorological Society.
50. Moula, M., J. Brustet, H. Eva, J. Lacaux, J. Gregoire, y J. Fontan, *Contribution of the Spread-Fire Model in the study of savanna fires*, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 1. Remote Sensing, Modeling and Inventory Development, and Biomass Burning in Africa*, J. Levine, Editor. 1996, MIT Press: Cambridge. págs. 270 a 277.
51. Neil, R., N. Stronach, y S. McNaughton, *Grassland fire dynamics in the Serengeti ecosystem, and a potential method of retrospectively estimating fire energy*. JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1989. **26**: págs. 1025 a 1033.
52. Pivello, V. y L. Coutinho, *Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna)*. JOURNAL OF TROPICAL ECOLOGY, 1992. **8**: págs. 487 a 497.
53. Prasad, V., Y. Kant, P. Gupta, C. Sharma, A. Mitra, y K. Badarinath, *Biomass and combustion characteristics of secondary mixed deciduous forests in Eastern Ghats of India*. ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 2001. **35**(18): págs. 3085 a 3095.
54. Raison, R., P. Khana, y P. Woods, *Transfer of elements to the atmosphere during low intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1985. **15**: págs. 657 a 664.
55. Robertson, K., *Loss of organic matter and carbon during slash burns in New Zealand exotic forests*. NEW ZEALAND JOURNAL OF FORESTRY SCIENCE, 1998. **28**(2): págs. 221 a 241.
56. Robinson, J., *On uncertainty in the computation of global emissions from biomass burning*. CLIMATIC CHANGE, 1989. **14**: págs. 243 a 262.
57. Shea, R., B. Shea, J. Kauffman, D. Ward, C. Haskins, y M. Scholes, *Fuel biomass and combustion factors associated with fires in savanna ecosystems of South Africa and Zambia*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1996. **101**(D19): págs. 23551 a 23568.
58. Slijepcevic, A., *Loss of carbon during controlled regeneration burns in Eucalyptus obliqua forest*. TASFORESTS, 2001. **13**(2): págs. 281 a 289.
59. Smith, D. y T. James, *Characteristics of prescribed burns and resultant short-term environmental changes in Populus tremuloides woodland in southern Ontario*. CANADIAN JOURNAL OF BOTANY, 1978. **56**: págs. 1782 a 1791.
60. Soares, R. y G. Ribeiro. *Fire behaviour and tree stumps sprouting in Eucalyptus prescribed burnings in southern Brazil*. in *III International Conference on Forest Fire Research / 14th Conference on Fire and Forest Meteorology*. 1998. Luso.

61. Sorrensen, C., *Linking smallholder land use and fire activity: examining biomass burning in the Brazilian Lower Amazon*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, 2000. **128**(1-2): págs. 11 a 25.
62. Stewart, H. y D. Flinn, *Nutrient losses from broadcast burning of Eucalyptus debris in north-east Victoria*. AUSTRALIAN FOREST RESEARCH, 1985. **15**: págs. 321 a 332.
63. Stocks, B., *Fire behaviour in immature jack pine*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1987. **17**: págs. 80 a 86.
64. Stocks, B., *Fire behaviour in mature jack pine*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1989. **19**: págs. 783 a 790.
65. Stocks, B., B. van Wilgen, W. Trollope, D. McRae, J. Mason, F. Weirich, y A. Potgieter, *Fuels and fire behaviour dynamics on large-scale savanna fires in Kruger National Park, South Africa*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1996. **101**(D19): págs. 23541 a 23550.
66. Stocks, B. y J. Kauffman, *Biomass consumption and behaviour of wildland fires in boreal, temperate, and tropical ecosystems: parameters necessary to interpret historic fire regimes and future fire scenarios*, in *Sediment Records of Biomass Burning and Global Change*, J. Clark, et al., Editors. 1997, Springer-Verlag: Berlin. págs. 169 a 188.
67. Susott, R., D. Ward, R. Babbitt, y D. Latham, *The measurement of trace emissions and combustion characteristics for a mass fire*, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*, J. Levine, Editor. 1991, MIT Press: Massachusetts. págs. 245 a 257.
68. Turetsky, M. y R. Wieder, *A direct approach to quantifying organic matter lost as a result of peatland wildfire*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 2001. **31**(2): págs. 363 a 366.
69. Van Wagner, C., *Duff consumption by fire in eastern pine stands*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1972. **2**: págs. 34 a 39.
70. Van Wilgen, B., D. Le Maitre, y F. Kruger, *Fire behaviour in South African fynbos (macchia) vegetation and predictions from Rothermel's fire model*. JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, 1985. **22**: págs. 207 a 216.
71. Vose, J. y W. Swank, *Site preparation burning to improve southern Appalachian pine-hardwood stands: aboveground biomass, forest floor mass, and nitrogen and carbon pools*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, 1993. **23**: págs. 2255 a 2262.
72. Walker, J., *Fuel dynamics in Australian vegetation*, in *Fire and the Australian Biota*, A. Gill, R. Groves, and I. Noble, Editors. 1981, Australian Academy of Science: Canberra. págs. 101 a 127.
73. Ward, D., R. Susott, J. Kauffman, et al., *Smoke and fire characteristics for Cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE-B Experiment*. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 1992. **97**(D13): págs. 14601 a 14619.

CUADRO 3A.1.14						
EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE EFECTIVAMENTE QUEMADO) PARA LAS QUEMAS DE DESBROCE, Y PARA LAS QUEMAS DE TALA INTENSIVA EN DIVERSOS TIPOS DE VEGETACIÓN Y CONDICIONES DE QUEMA						
(Sirve para las secciones 'tierras forestales convertidas en tierras agrícolas', 'convertidas en praderas', o 'convertidas en asentamientos o en otros tipos de tierras')						
Tipos de bosque	Tipo de quema y tiempo de secado (meses)					
	Quema de voleo		Hileras		Hileras+atizado	
	<6	>6	<6	>6	<6	>6
Húmedo tropical						
- primario ^a	0,15-0,3	~0,30				
- secundario ^b		0,40				
Tropical seco						
- Especies mixtas ^c		>0,9				
- Acacia ^d			-	0,8	-	~0,95
Eucalipto de región templada ^e	0,3	0,5-0,6				
Bosque de región boreal ^f	0,25					

Nota: La eficiencia de combustión o la fracción de biomasa quemada representan un número crítico en el cálculo de las emisiones que es muy variable según la colocación del combustible (p. ej., en voleo o por montones), el tipo de vegetación, que afecta al tamaño y a la inflamabilidad de los componentes del combustible, y las condiciones de quema (especialmente la humedad del combustible).

Fuentes: ^aFearnside (1990), Wei Min Hao et. al (1990); ^bWei Min Hao et. al (1990); ^cKauffmann y Uhl; et. al (1990); ^dWilliams et. al (1970), Cheney (pers. comm. 2002); ^eMcArthur (1969), Harwood & Jackson (1975), Slijepcevic (2001), Stewart & Flinn (1985); y ^fFrench et. al (2000).

CUADRO 3A.1.15 COEFICIENTES DE EMISIÓN PARA LA QUEMA A CIELO ABIERTO DE BOSQUES TALADOS (Sirve para la Ecuación 3.2.19)	
Compuesto	Coeficientes de emisión
CH ₄	0,012 (0,009-0,015) ^a
CO	0,06 (0,04-0,08) ^b
N ₂ O	0,007 (0,005-0,009) ^c
NO _x	0,121 (0,094-0,148) ^c

Fuente: ^aDelmas, 1993, ^bLacaux *et al.*, 1993, y Crutzen y Andreae, 1990. Nota: Para los compuestos de carbono, es decir, CH₄ y CO, el coeficiente es la masa de compuesto de carbono liberada (en unidades de C) dividida por la masa de carbono total liberada en la combustión. Los valores correspondientes a los compuestos de nitrógeno se expresan como coeficientes de emisión (en unidades de N) tomando como referencia el nitrógeno total liberado del combustible.

CUADRO 3A.1.16 FACTORES DE EMISIÓN (G/KG DE MATERIA SECA QUEMADA) APLICABLE A LOS COMBUSTIBLES QUEMADOS EN DIVERSOS TIPOS DE INCENDIOS DE VEGETACIÓN (Utilizar en relación con la Ecuación 3.2.20)							
	CO ₂	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O*	NMHC ²	Fuente
Sabana de hoja ancha húmeda/yerma	1 523	92	3	6	0,11	-	Scholes (1995)
Sabana de hoja fina fértil árida	1 524	73	2	5	0,11	-	Scholes (1995)
Pradera húmeda yerma	1 498	59	2	4	0,10	-	Scholes (1995)
Pradera fértil árida	1 540	97	3	7	0,11	-	Scholes (1995)
Humedal	1 554	58	2	4	0,11	-	Scholes (1995)
Todos los tipos de vegetación	1 403 -1 503	67-120	4-7	0,5-0,8	0,10	-	IPCC (1994)
Incendios forestales	1 531	112	7,1	0,6-0,8	0,11	8-12	Kaufman <i>et al.</i> (1992)
Incendios de sabana	1 612	152	10,8	-	0,11	-	Ward <i>et al.</i> (1992)
Incendios forestales	1 580	130	9	0,7	0,11	10	Delmas <i>et al.</i> (1995)
Incendios de sabana	1 640	65	2,4	3,1	0,15	3,1	Delmas <i>et al.</i> (1995)

¹ Suponiendo un contenido de 41-45% de C y una combustión de 85-100%.
² NMHC: hidrocarburos distintos del metano.
 * Calculado a partir de los datos de Crutzen y Andreae (1990), suponiendo un coeficiente N/C de 0,01, excepto para los incendios de sabanas.

Anexo 3A.2 Cuadros de notificación y hojas de trabajo

Todos los usuarios deberían notificar sus datos de inventario en el formato prescrito en los cuadros de notificación. Naturalmente, se pide que los usuarios rellenen únicamente las casillas de los cuadros relacionadas con las categorías de gases y de fuentes/sumideros que han estimado e incluido en su inventario.

Las ecuaciones para estimar las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ asociadas a distintas categorías de uso de la tierra del Capítulo 3 (Orientaciones sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS) se plasman en diferentes hojas de trabajo. Las correspondientes estimaciones de las emisiones y absorciones incluidas en las hojas de trabajo se reúnen en las hojas de trabajo compilatorias y, por último, en los cuadros de notificación. Éstos han sido diseñados utilizando el mismo formato que en las *Directrices del IPCC*, siempre que ha sido posible.

Las hojas de trabajo se presentan en módulos, y cada módulo corresponde a una categoría específica de uso de la tierra (véase el Recuadro 3A.2.1). Un módulo se divide en dos submódulos para diferenciar entre las tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra y las convertidas a otras categorías de uso de la tierra. Cada submódulo consta de varias hojas de trabajo clasificadas, básicamente, en cuatro grupos: hojas de trabajo sobre biomasa viva; hojas de trabajo sobre materia orgánica muerta; hojas de trabajo sobre suelos (subdivididas a su vez en suelos minerales y suelos orgánicos); y hojas de trabajo sobre emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂. Las hojas de trabajo están basadas en gran medida en los métodos del Nivel 1, pero suplementadas, en su caso, por métodos de niveles superiores. Para facilitar el uso de las hojas de trabajo se incluyen en éstas símbolos de las variables o parámetros utilizados en las ecuaciones del texto principal. Obsérvese que las hojas de trabajo abarcan también las fuentes y categorías de uso de la tierra cuya notificación es opcional.

RECUADRO 3A.2.1 ESTRUCTURA DE LAS HOJAS DE TRABAJO (EN EL EJEMPLO, PARA TIERRAS FORESTALES)

Módulo: Tierras forestales

Submódulo: Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

Hojas de trabajo:

- TF-1a (TF representa 'Tierras forestales'; 1 representa 'Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales'; 2 representa 'Tierras convertidas en tierras forestales'; y "a" representa 'biomasa')
- TF-1b ("b" representa 'materia orgánica muerta' (MOM))
- TF-1c1 ("c" representa 'suelos' (MOS) ulteriormente subdivididos en c1, para suelos minerales, y c2 para suelos orgánicos, etc.)
- TF-1d ("d" representa 'gases de efecto invernadero distintos del CO₂')

Se ofrecen dos series de hojas de trabajo compilatorias para recopilar por separado las emisiones y absorciones de CO₂ y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂. Los cuadros están diseñados para recopilar las emisiones y absorciones por categorías de uso de la tierra y por depósitos de carbono (es decir, biomasa viva, materia orgánica muerta, y suelos). En el caso de las emisiones de gases distintos del CO₂, los depósitos de carbono se agrupan en biomasa y suelos.

Los cuadros de notificación son de dos tipos. El primer tipo de cuadro se utiliza para notificar las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ para todas las categorías de uso de la tierra, incluidas las emisiones y absorciones procedentes de tierras convertidas a cualquier otra categoría de uso de la tierra. El segundo tipo es un subconjunto de ésta, y está diseñado para notificar, utilizando la información del primer cuadro, las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ por efecto de la conversión de tierras forestales y de praderas en cualquier otra categoría de uso de la tierra.

Al recopilar las estimaciones de emisiones y sumideros asociados a los usos de la tierra, a los cambios de uso de la tierra y a la silvicultura junto con otros elementos de inventario de gases de efecto invernadero a nivel nacional, los signos (+/-) deberán utilizarse de manera coherente. En los cuadros de notificación, las emisiones (disminución de las reservas de carbono, emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂) son siempre positivas (+), y las absorciones (aumento de las reservas de carbono) son negativas (-). Para calcular las estimaciones iniciales, se utiliza también aquí la convención utilizada en el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*, en la que el aumento neto de las reservas de carbono es positivo (+) y la disminución neta es negativa (-). Al igual que en las *Directrices del IPCC*, los signos de estos valores han de ser convertidos en los cuadros de

notificación finales con objeto de mantener la coherencia con otras secciones de los informes de inventario nacionales.

Unidades - Las emisiones/absorciones de CO₂ y las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ se notifican en gigagramos (Gg) en los cuadros de notificación. Para convertir toneladas de C en Gg de CO₂, se multiplicará el valor correspondiente por 44/12 y, a continuación, por 10⁻³. Para convertir kg de N de N₂O en Gg de N₂O, se multiplicará el valor correspondiente por 44/28 y, seguidamente, por 10⁻⁶.

Convención - Con fines de notificación, y por coherencia con las *Directrices del IPCC*, los signos son siempre (+) en el caso de las emisiones, y (-) en el caso de las absorciones.

CUADRO 3A.2.1A

CUADRO DE NOTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂ Y DE GASES DISTINTOS DEL CO₂ PROCEDENTES DEL SECTOR DE UTCUTS EN EL AÑO DE NOTIFICACIÓN

Categoría de uso de la tierra		Directrices del IPCC ¹	Variación anual de las reservas de carbono, Gg CO ₂				CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	NO _x ³ (Gg)	CO ³ (Gg)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		Biomasa viva A	Materia orgánica muerta B	Suelos C	Emisiones/absorciones de CO ₂ ² D = (A+B+C) • (-1) D				
Tierras forestales	Tierras forestales	5A								
Tierras agrícolas	Tierras forestales	5A, 5C, 5D	$\Delta C_{TTF_{BV}}$ ⁵	$\Delta C_{TTF_{MOM}}$	$\Delta C_{TTF_{MOS}}$					
Praderas	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Humedales	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Asentamientos	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Otras tierras	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
	Total parcial de Tierras forestales									
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas	5A, 5D								
Tierras forestales	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Praderas	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Humedales	Tierras agrícolas	5D								
Asentamientos	Tierras agrícolas	5D								
Otras tierras	Tierras agrícolas	5D								
	Total parcial de Tierras agrícolas									
Praderas	Praderas	5A, 5D								
Tierras forestales	Praderas	5B, 5D								
Tierras agrícolas	Praderas	5C, 5D								
Humedales	Praderas	5C, 5D								
Asentamientos	Praderas	5C, 5D								
Otras tierras	Praderas	5C, 5D								
	Total parcial de Praderas									
Humedales	Humedales	5A, 5E								
Tierras forestales	Humedales	5B								
Tierras agrícolas	Humedales	5E								
Praderas	Humedales	5B								
Asentamientos	Humedales	5E								
Otras tierras	Humedales	5E								
	Total parcial de Humedales									

(CONTINÚA AL DORSO)

CUADRO 3A.2.1A (CONTINUACIÓN)

CUADRO DE NOTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂ Y DE GASES DISTINTOS DEL CO₂ PROCEDENTES DEL SECTOR DE UTCUTS EN EL AÑO DE NOTIFICACIÓN

Categoría de uso de la tierra		Directrices del IPCC ¹	Variación anual de las reservas de carbono, Gg CO ₂				CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	NO _x ³ (Gg)	CO ³ (Gg)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		Biomasa viva A	Materia orgánica muerta B	Suelos C	Emisiones/absorciones de CO ₂ ² D = (A+B+C) • (-1) D				
Asentamientos	Asentamientos	5A								
Tierras forestales	Asentamientos	5B								
Tierras agrícolas	Asentamientos	5E								
Praderas	Asentamientos	5B								
Humedales	Asentamientos	5E								
Otras tierras	Asentamientos	5E								
Total parcial de Asentamientos										
Otras tierras	Otras tierras	5A								
Tierras forestales	Otras tierras	5B								
Tierras agrícolas	Otras tierras	5E								
Praderas	Otras tierras	5B								
Humedales	Otras tierras	5E								
Asentamientos	Otras tierras	5E								
Total parcial de Otras tierras										
Otros ⁴ (especificar)										
Total parcial de Otras										
Total										

¹ Epígrafes tomados de las Instrucciones de notificación de las *Directrices del IPCC*, páginas 1.14 - 1.16: 5A – Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa; 5B – Conversión de bosques y de praderas; 5C – Abandono de tierras gestionadas; 5D – Emisiones y absorciones en el suelo, y 5E – Otras.

² A efectos de notificación, es necesario invertir el signo de manera que el valor resultante esté expresado como (-) para las absorciones, y como (+) para las emisiones. Así, el valor 1 negativo se multiplica por la emisión o absorción de CO₂ resultante.

³ En las *Directrices del IPCC* y en esta publicación se proporcionan metodologías para estimar las emisiones de NO_x y de CO para las categorías de Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura para las emisiones procedentes de incendios solamente. Si se hubieran notificado datos adicionales, debería indicarse la información adicional (método, datos de actividad, y factores de emisión) utilizada para hacer esas estimaciones.

⁴ En este concepto podrían incluirse otras fuentes o sumideros no especificados tales como los PM, etc.

⁵ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que solamente se han indicado símbolos para una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

CUADRO 3A.2.1B

CUADRO DE NOTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂ Y DE GASES DISTINTOS DEL CO₂ POR EFECTO DE LA CONVERSIÓN DE TIERRAS FORESTALES Y DE PRADERAS EN OTRAS TIERRAS EN EL AÑO DE NOTIFICACIÓN

Categoría de uso de la tierra		Directrices del IPCC ¹	Variación anual de las reservas de carbono, Gg CO ₂				CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	NO _x ³ (Gg)	CO ₃ (Gg)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		Biomasa viva A	Materia orgánica muerta B	Suelos C	Emisiones/absorciones de CO ₂ ² D = (A+B+C) • (-1) D				
Tierras forestales	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Tierras forestales	Praderas	5B, 5D	$\Delta C_{TP_{BV}}$ ⁴	$\Delta C_{TP_{MOM}}$	$\Delta C_{TP_{MOS}}$					
Tierras forestales	Humedales	5B								
Tierras forestales	Asentamientos	5B								
Tierras forestales	Otras tierras	5B								
	Total parcial de Tierras forestales									
Praderas	Tierras forestales	5A, 5C, 5D								
Praderas	Tierras agrícolas	5B, 5D								
Praderas	Humedales	5B								
Praderas	Asentamientos	5B								
Praderas	Otras tierras	5B								
	Total parcial de Praderas									
	Total									

¹ Los epígrafes están tomados de las Instrucciones de notificación de las *Directrices del IPCC*, páginas 1.14 - 1.16: 5A – Variaciones de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa; 5B – Conversión de bosques y de praderas; 5C – Abandono de tierras gestionadas; 5D – Emisiones y absorciones en el suelo, y 5E - Otras.

² A efectos de notificación, es necesario invertir el signo de manera que el valor resultante esté expresado como (-) para las absorciones, y como (+) para las emisiones. Así, el valor negativo 1 se multiplica por la emisión o absorción de CO₂ resultante.

³ En las *Directrices del IPCC* y en esta publicación se proporcionan metodologías para estimar las emisiones de NO_x y de CO para las categorías de Uso de la tierra, Cambio de uso de la tierra y silvicultura para las emisiones procedentes de incendios solamente. Si se hubieran notificado datos adicionales, debería indicarse la información adicional (método, datos de actividad, y factores de emisión) utilizada para hacer esas estimaciones.

⁴ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que solamente se han indicado símbolos para una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

CUADRO 3A.2.2A

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂¹

Categoría de uso de la tierra ²		Superficie de tierra (ha)	Biomasa viva			Materia orgánica muerta			Suelos ³		
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		Aumento anual de las reservas de carbono (toneladas de C año ⁻¹)	Disminución anual de las reservas de carbono (toneladas de C año ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono (Gg de CO ₂ año ⁻¹) C = (A-B) • 10 ⁻³ • 44/12	Variación de las reservas de carbono en la madera muerta (toneladas de C año ⁻¹)	Variación de las reservas de carbono en los detritus (toneladas de C año ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO ₂ año ⁻¹) F = (D+E) • 10 ⁻³ • 44/12	Variación de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹)	Variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos (toneladas de C año ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono (Gg de CO ₂ año ⁻¹) I = (G+H) • 10 ⁻³ • 44/12
			A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tierras forestales	Tierras forestales										
Tierras agrícolas	Tierras forestales		$\Delta C_{TTF_C}^4$	ΔC_{TTF_P}	$\Delta C_{TTF_{BV}}$	$\Delta C_{TTF_{MM}}$	$\Delta C_{TTF_{Dt}}$	$\Delta C_{TTF_{MOM}}$	$\Delta C_{TTF_{Mineral}}$	$\Delta C_{TTF_{Orgánico}}$	$\Delta C_{TTF_{Suelos}}$
Praderas	Tierras forestales										
Humedales	Tierras forestales										
Asentamientos	Tierras forestales										
Otras tierras	Tierras forestales										
		Total parcial de Tierras forestales									
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas										
Tierras forestales	Tierras agrícolas										
Praderas	Tierras agrícolas										
Humedales	Tierras agrícolas										
Asentamientos	Tierras agrícolas										
Otras tierras	Tierras agrícolas										
		Total parcial de Tierras agrícolas									
Praderas	Praderas										
Tierras forestales	Praderas										
Tierras agrícolas	Praderas										
Humedales	Praderas										
Asentamientos	Praderas										
Otras tierras	Praderas										
		Total parcial de Praderas									
Humedales	Humedales										
Tierras forestales	Humedales										
Tierras agrícolas	Humedales										
Praderas	Humedales										
Asentamientos	Humedales										
Otras tierras	Humedales										
		Total parcial de Humedales									

(CONTINÚA AL DORSO)

CUADRO 3A.2.2A (CONTINUACIÓN)

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂¹

Categoría de uso de la tierra		Superficie de tierra (ha)	Biomasa viva			Materia orgánica muerta			Suelos ³		
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		Aumento anual de las reservas de carbono (toneladas de C año ⁻¹)	Disminución anual de las reservas de carbono (toneladas de C año ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO ₂ año ⁻¹) C = (A-B) • 10 ⁻³ • 44/12	Variación de las reservas de carbono en la madera muerta (toneladas de C año ⁻¹)	Variación de las reservas de carbono en los detritus (toneladas de C año ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO ₂ año ⁻¹) F = (D+E) • 10 ⁻³ • 44/12	Variación de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹)	Variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos (toneladas de C año ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono (Gg CO ₂ año ⁻¹) I = (G+H) • 10 ⁻³ • 44/12
			A	B	C	D	E	F	G	H	I
Asentamientos	Asentamientos										
Tierras forestales	Asentamientos										
Tierras agrícolas	Asentamientos										
Praderas	Asentamientos										
Humedales	Asentamientos										
Otras tierras	Asentamientos										
		Total parcial de Asentamientos									
Otras tierras	Otras tierras										
Tierras forestales	Otras tierras										
Tierras agrícolas	Otras tierras										
Praderas	Otras tierras										
Humedales	Otras tierras										
Asentamientos	Otras tierras										
		Total parcial de Otras tierras									
Otros (especificar) ²											
		Total parcial de Otras									
		Total									

¹ Las convenciones para los signos de la variación neta de carbono en las columnas C, F, e I son: ganancia neta (+) y pérdida neta (-).

² Puede incluir otras fuentes y sumideros no especificados, como los PMR, etc.

³ Puede añadirse una columna adicional para incluir la variación de las reservas de carbono en el suelo por efecto del encalado.

⁴ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

CUADRO 3A.2.2B

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂¹

Categoría de uso de la tierra		Superficie de tierra (ha)	CH ₄ (Gg)			N ₂ O (Gg)			NO _x (Gg)			CO (Gg)		
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra: año de notificación		Bio-masa ²	Suelos	Total	Bio-masa ²	Suelos ³	Total	Bio-masa ²	Suelos	Total	Bio-masa ²	Suelos	Total
Tierras forestales	Tierras forestales													
Tierras agrícolas	Tierras forestales													
Praderas	Tierras forestales													
Humedales	Tierras forestales													
Asentamientos	Tierras forestales													
Otras tierras	Tierras forestales													
	Total parcial de Tierras forestales													
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas													
Tierras forestales	Tierras agrícolas													
Praderas	Tierras agrícolas													
Humedales	Tierras agrícolas													
Asentamientos	Tierras agrícolas													
Otras tierras	Tierras agrícolas													
	Total parcial de Tierras agrícolas													
Praderas	Praderas													
Tierras forestales	Praderas													
Tierras agrícolas	Praderas													
Humedales	Praderas													
Asentamientos	Praderas													
Otras tierras	Praderas													
	Total parcial de Praderas													
Humedales	Humedales													
Tierras forestales	Humedales													
Tierras agrícolas	Humedales													
Praderas	Humedales													
Asentamientos	Humedales													
Otras tierras	Humedales													
	Total parcial de Humedales													

CUADRO 3A.2.2B (CONTINUACIÓN)

HOJAS DE TRABAJO COMPILATORIAS PARA NOTIFICAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂¹

Categoría de uso de la tierra		Superficie de tierra (ha)	CH ₄ (Gg)			N ₂ O (Gg)			NO _x (Gg)			CO (Gg)		
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra: año de notificación		Bio-masa ²	Suelos	Total	Bio-masa ²	Suelos ³	Total	Bio-masa ²	Suelos	Total	Bio-masa ²	Suelos	Total
Asentamientos	Asentamientos													
Tierras forestales	Asentamientos													
Tierras agrícolas	Asentamientos													
Praderas	Asentamientos													
Humedales	Asentamientos													
Otras tierras	Asentamientos													
		Total parcial de Asentamientos												
Otras tierras	Otras tierras													
Tierras forestales	Otras tierras													
Tierras agrícolas	Otras tierras													
Praderas	Otras tierras													
Humedales	Otras tierras													
Asentamientos	Otras tierras													
		Total parcial de Otras tierras												
Otras (especificar)														
		Total parcial de Otras												
		Total												

¹ Todas las unidades deberían notificarse en gigagramos (Gg). Para convertir "kg de N₂O-N" en Gg N₂O, multiplicar el valor (tomado de las hojas de trabajo) por 44/28 y 10⁻⁶. De modo semejante a las convenciones utilizadas en las hojas de trabajo, el signo de las absorciones es positivo (+), y el de las emisiones es negativo (-).

² Puede haber alteraciones en el crecimiento de la biomasa de madera sólo en tierras forestales y praderas. Las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema prescrita de sabanas (praderas) se notifican en el Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC*.

³ La fertilización se practica en tierras forestales, tierras agrícolas y praderas. Las emisiones de N₂O procedentes del uso de fertilizantes de N en tierras agrícolas se notifican en el Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC*.

Módulo		Tierras forestales						
Submódulo		Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales						
Hoja de trabajo		TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)						
Hoja		2 de 4						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) (toneladas de C m. s. ⁻¹) H	Aumento anual de carbono procedente del incremento de biomasa (toneladas de C año ⁻¹) $I = A \cdot G \cdot H$ I	Volumen anual de rollizos extraído (m ³ año ⁻¹) J	Densidad de la biomasa (toneladas m. s. m ⁻³ de volumen de tala) K	Factor de expansión de la biomasa para convertir los volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida la corteza) (sin dimensiones) L	Fracción de biomasa restante que se descompone en los bosques (sin dimensiones) M
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	TF	a)						
		b)	FC	ΔC_{TTF_C}	H	D	FEB₂	f_{BD}
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		Tierras forestales				
Submódulo		Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales				
Hoja de trabajo		TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)				
Hoja		4 de 4				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Fracción de biomasa restante que se degrada en los bosques (sin dimensiones) U	Otras pérdidas de carbono anuales (toneladas de C año ⁻¹) $V = S \cdot T \cdot (1-U) \cdot H$ V	Disminución anual de carbono debida a la pérdida de biomasa (toneladas de C año ⁻¹) $W = N+R+V$ W	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C año ⁻¹) $X = I-W$ X
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TF	TF	a)				
		b)	f_{BD}	$P_{\text{otras pérdidas}}$	ΔC_{TFTF_P}	$\Delta C_{TFTF_{BV}}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

Módulo		Tierras forestales							
Submódulo		Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales							
Hoja de trabajo		TF-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales ¹							
Hoja		1 de 2							
Categoría de uso de la tierra ²		Subcategorías para el año de notificación ³	Superficie forestal que experimenta una transición del estado i al j (ha) A	Período abarcado por la transición de COS_i a COS_j (el valor por defecto es 20 años) (años) B	Valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado (toneladas de $C\ ha^{-1}$) C	Factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio de bosque nativo al tipo de bosque en el estado i (sin dimensiones) D	Factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad o de las prácticas de gestión del bosque en el estado i (sin dimensiones) E	Factor de ajuste que refleja el efecto de una variación del régimen de alteración en el estado i con respecto al bosque nativo (sin dimensiones) F	Reservas de carbono orgánicas en suelo estable en el estado anterior i (toneladas de $C\ ha^{-1}$) $G = C \bullet D \bullet E \bullet F$ G
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación								
TF	TF	a)							
		b)	S_{ij}	T_{ij}	COS_{REF}	$f_{tipo\ de\ bosque_i}$	$f_{intensidad\ gest_i}$	$f_{régimen\ alt_i}$	COS_i
		c)							
		Total parcial							
Total									

¹ El cálculo está basado en el Nivel 2, ya que el Nivel 1 presupone una variación neta de carbono nula en suelos minerales, para tierras forestales que siguen siendo tierras forestales.

² TF = tierras forestales. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

³ Además, los usos de la tierra podrían subdividirse en función del tipo de bosque o de las especies de árboles, del sistema nacional de clasificación de las tierras, o de las zonas ecológicas.

Módulo		Tierras forestales						
Submódulo		Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales						
Hoja de trabajo		TF-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales¹						
Hoja		2 de 2						
Categoría de uso de la tierra ²		Subcategorías para el año de notificación ³	Valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos no gestionados, para un suelo dado (toneladas de C ha ⁻¹) H (= C)	Factor de ajuste que refleja el efecto de un cambio de bosque nativo al tipo de bosque en el estado <i>j</i> (sin dimensiones) I	Factor de ajuste que refleja el efecto de la intensidad o de las prácticas de gestión del bosque en el estado <i>j</i> (sin dimensiones) J	Factor de ajuste que refleja el efecto de una variación del régimen de alteración en el estado <i>j</i> con respecto al bosque nativo (sin dimensiones) K	Reservas de carbono orgánicas en suelo estable en el estado actual <i>j</i> (toneladas de C ha ⁻¹) L = H • I • J • K L	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas C año ⁻¹) M = (L-G) • A / B M
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	TF	a)						
		b)	COS_{REF}	f_{tipo de bosque_j}	f_{intensidad gest_j}	f_{régimen alt_j}	COS_j	ΔC_{TFTF}Mineral
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		Tierras forestales			
Submódulo		Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales			
Hoja de trabajo		TF-1c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos			
Hoja		1 de 1			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos forestales orgánicos drenados (ha)	Factor de emisión de CO ₂ en suelos forestales orgánicos drenados (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Emisiones de CO ₂ en suelos forestales orgánicos drenados (toneladas de C año ⁻¹) C = A • B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación				
TF	TF	a)			
		b)	S _{Drenado}	FE _{Drenaje}	ΔC _{TFTF Orgánico}
		c)			
		Total parcial			
Total					

Módulo	Tierras forestales	
Submódulo	Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	
Hoja de trabajo	TF-1c3: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (hoja de trabajo resumida)	
Hoja	1 de 1	
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) A	Emisiones de CO ₂ en suelos orgánicos drenados (toneladas de C año ⁻¹) B	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año ⁻¹) C = A+B C
$\Delta C_{TFTF_{Mineral}}$	$\Delta C_{TFTF_{Orgánico}}$	$\Delta C_{TFTF_{Suelos}}$

Módulo		Tierras forestales								
Submódulo		Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales								
Hoja de trabajo		TF-1d: Emisiones de gases distintos del CO ₂ procedentes de incendios de la vegetación								
Hoja		1 de 1								
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie quemada (ha)	Masa de combustible disponible (kg m. s. ha ⁻¹)	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones)	Factor de emisión para cada GEI (g/kg m. s.)	Emisiones de CH ₄ procedentes de incendios (toneladas de CH ₄) $E = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	Emisiones de CO procedentes de incendios (toneladas de CO) $F = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	Emisiones de N ₂ O procedentes de incendios (toneladas de N ₂ O) $G = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	Emisiones de NO _x procedentes de incendios (toneladas de NO _x) $H = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación									
TF	TF									
		a)	A	B	C	D_{CH₄}	CH₄			
						D_{CO}		CO		
						D_{N₂O}			N₂O	
						D_{NO_x}				NO_x
		b)								
		c)								
		Total parcial								
Total										

Módulo	Tierras forestales	
Submódulo	Tierras convertidas en tierras forestales	
Hoja de trabajo	TF-2a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa aérea y subterránea)	
Hoja	1 de 1	
<p>Método indicado en la hoja de trabajo TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales</p> <p style="text-align: center;">A</p>	<p>Método indicado en la hoja de trabajo TF-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales</p> <p style="text-align: center;">B</p>	<p>Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa por efecto de la conversión en tierras forestales (toneladas de C año⁻¹)</p> <p style="text-align: center;">C = A+B</p> <p style="text-align: center;">C</p>
ΔC_{TTF_A}	ΔC_{TTF_P}	$\Delta C_{TTF_{BV}}$

Módulo		Tierras forestales									
Submódulo		Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales									
Hoja de trabajo		TF-2b: Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y detritus) ¹									
Hoja		1 de 2									
Categoría de uso de la tierra ²		Subcategorías para el año de notificación ³	Superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante regeneración natural (ha) A	Reservas de biomasa en pie en términos de carbono en bosques regenerados naturalmente (toneladas m. s. ha ⁻¹) B	Tasa de mortalidad en bosques regenerados naturalmente (sin dimensiones) C	Transferencia anual a madera muerta para áreas forestales regeneradas naturalmente (toneladas m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹) $D = B \cdot C$ D	Transferencia anual procedente de la madera muerta para áreas forestales regeneradas naturalmente (toneladas m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹) E	Superficie de tierra convertida en tierra forestal mediante el establecimiento de plantaciones (ha) F	Reservas de biomasa en pie en términos de carbono en bosques regenerados artificialmente (toneladas m. s. ha ⁻¹) G	Tasa de mortalidad en bosques regenerados artificialmente (sin dimensiones) H	Transferencia anual a madera muerta para áreas forestales regeneradas artificialmente (toneladas m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹) $I = G \cdot H$ I
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación										
TA	TF	a)									
		b)	S_{RNat}	B_{en pie R_{Nat}}	M_{RNat}	B_{RNat hacia}	B_{RNat desde}	S_{RArt}	B_{RArt en pie}	M_{RArt}	B_{RArt hacia}
		c)									
		Total parcial									
P	TF	a)									
		b)									
		c)									
		Total parcial									
H, A, OT	TF	a)									
		b)									
		c)									
		Total parcial									
Total											

¹ El cálculo está basado en el Nivel 2, ya que el Nivel 1 presupone una variación de carbono neta nula en la madera muerta y en los detritus.

² TF = tierras forestales; TA = tierras agrícolas; P = praderas; H = humedales, A = asentamientos, y OT = otras tierras. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

³ Además, el uso de la tierra podría subdividirse en función del tipo de bosque o de las especies de árboles, del sistema nacional de clasificación de las tierras, o de las zonas ecológicas.

Módulo		1B - Tierras convertidas en tierras forestales							
Submódulo		Tierras convertidas en tierras forestales							
Hoja de trabajo		TF-2b: Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)							
Hoja		2 de 2							
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Transferencia anual procedente de la madera muerta para áreas forestales regeneradas artificialmente (toneladas m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹) J	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) (toneladas de C (tonne m. s.) ⁻¹) K	Variación anual de las reservas de carbono en la madera muerta (toneladas de C año ⁻¹) $L = [A \cdot (D-E) + F \cdot (I-J)] \cdot K$ L	Variación anual del carbono en los detritus para bosques regenerados naturalmente (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) M	Variación anual del carbono en los detritus para bosques regenerados artificialmente (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) N	Variación anual de las reservas de carbono en los detritus (toneladas de C año ⁻¹) $O = (A \cdot M) + (F \cdot N)$ O	Variación anual de las reservas de carbono en materia orgánica muerta (toneladas de C año ⁻¹) $P = L + O$ P
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación								
TA	TF	a)							
		b)	B_{RArt} desde	FC	$\Delta C_{TTF_{MM}}^1$	ΔC_{RNat}	ΔC_{RArt}	$\Delta C_{TTF_{Dt}}$	$\Delta C_{TTF_{MOM}}$
		c)							
		Total parcial							
P	TF	a)							
		b)							
		c)							
		Total parcial							
H, A, OT	TF	a)							
		b)							
		c)							
		Total parcial							
Total									

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación de datos, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Tierras forestales					
Submódulo		Tierras convertidas en tierras forestales					
Hoja de trabajo		TF-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales ¹					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Total de tierras forestadas procedentes de tierras agrícolas o praderas (ha) A	Valor de referencia de las reservas de carbono en bosques nativos, no gestionados, en un suelo dado, COS _{ref} (toneladas de C ha ⁻¹) B	Carbono orgánico en suelos estables para los usos de la tierra anteriores, ya sean tierras agrícolas o praderas, COS _{tierra no forestal} (toneladas de C ha ⁻¹) C	Duración de la transición de COS _{tierra no forestal} a COS _{ref} (año) D	Variación de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) E = (B-C) • A / D E
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación						
TA	TF	a)					
		b)	S _{FOR,x}	COS _{ref}	COS _{tierra no forestal}	T _{FOR}	$\Delta C_{TF_Mineral}^2$
		c)					
		Total parcial					
P	TF	a)					
		b)					
		c)					
		Total parcial					
Total							

¹ En la presente *Orientación sobre las buenas prácticas para UTCUTS* se establecen valores por defecto sólo para tierras agrícolas y praderas convertidas en tierras forestales.

² Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Tierras forestales			
Submódulo		Tierras convertidas en tierras forestales			
Hoja de trabajo		TF-2c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos			
Hoja		1 de 1			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos drenados convertida en tierras forestales (ha) A	Factor de emisión de CO ₂ en suelos forestales orgánicos drenados (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Emisiones de CO ₂ en suelos orgánicos drenados (toneladas de C año ⁻¹) C = A • B C
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación				
TA	TF	a)			
		b)	S_{Drenado}	FE_{Drenaje}	$\Delta C_{TTF}^{Orgánico}$¹
		c)			
		Total parcial			
P	TF	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
H, A, OT	TF	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
Total					

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	Tierras forestales	
Submódulo	Tierras convertidas en tierras forestales	
Hoja de trabajo	TF-2c3: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (hoja de trabajo resumida)	
Hoja	1 de 1	
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) A	Emisiones de CO ₂ en suelos orgánicos drenados (toneladas de C año ⁻¹) B	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año ⁻¹) C = A+B C
$\Delta C_{TTF_{Minerales}}$	$\Delta C_{TTF_{Orgánicos}}$	$\Delta C_{TTF_{Suelos}}$

Módulo		Tierras forestales								
Submódulo		Tierras convertidas en tierras forestales								
Hoja de trabajo		TF-2d: Emisiones de gases distintos del CO ₂ procedentes de incendios de la vegetación								
Hoja		1 de 1								
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie quemada (ha)	Masa de combustible presente disponible (kg m. s. ha ⁻¹)	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones)	Factor de emisión para cada GEI (g /kg m. s.)	Emisiones de CH ₄ procedentes de incendios	Emisiones de CO procedentes de incendios	Emisiones de N ₂ O procedentes de incendios	Emisiones de NO _x procedentes de incendios
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación						(toneladas de CH ₄)	(toneladas de CO)	toneladas (N ₂ O)	(toneladas de NO _x)
			A	B	C	D	$E = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$F = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$G = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$H = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$
TA	TF	a)	A	B	C	D _{CH₄}	CH ₄			
						D _{CO}		CO		
						D _{N₂O}			N ₂ O	
						D _{NO_x}				NO _x
		b)								
		Total parcial								
P	TF	a)								
		b)								
		Total parcial								
Total										

Módulo		Tierras agrícolas				
Submódulo		Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas				
Hoja de trabajo		TA-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva ¹				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra ²		Subcategorías para el año de notificación ³	Superficie anual de tierras agrícolas con biomasa leñosa perenne (ha) A	Tasa de crecimiento anual de la biomasa leñosa perenne (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Reservas de carbono anuales en la biomasa eliminada (descuaje o recolección) (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) C	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa (toneladas de C año ⁻¹) $D = A \cdot (B-C)$ D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TA	TA	a)				
		b)	S	C	P	$\Delta C_{TATA_{BV}}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

¹ La variación de la biomasa se estima solamente para los cultivos leñosos perennes. Para los cultivos anuales, el aumento de las reservas en la biomasa en un solo año se supondrá igual a las pérdidas de la biomasa procedentes de la recolección y de la mortalidad en ese mismo año, de modo que no haya acumulación neta de reservas de carbono en la biomasa.

² TA significa tierras agrícolas. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

³ Además, los usos de la tierra deberían subdividirse con arreglo al tipo de vegetación leñosa perenne y a las zonas climáticas.

Módulo		Tierras agrícolas						
Submódulo		Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas						
Hoja de trabajo		TA-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales						
Hoja		1 de 2						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra de cada parcela ¹ (ha)	Período de inventario (valor por defecto: 20 años)	Valor de referencia de las reservas de carbono (toneladas de C ha ⁻¹)	Factor de variación de las reservas para un uso de la tierra o cambio de uso de la tierra al comienzo del año de inventario (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión al comienzo del año de inventario (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica al comienzo del año de inventario (sin dimensiones)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TA	TA	a)						
		b)	S	T	COS_{ref}	F_{UT(0-T)}	F_{RG(0-T)}	F_{E(0-T)}
		c)						
		Total parcial						
Total								

¹ Debería abarcar el principal sistema de tierras agrícolas del país.

Módulo		Tierras agrícolas						
Submódulo		Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas						
Hoja de trabajo		TA-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales						
Hoja		2 de 2						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo a los T años (comienzo del año de inventario) (toneladas de C ha ⁻¹) $G = C \cdot D \cdot E \cdot F$ G	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones) H	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones) I	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones) J	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha ⁻¹) $K = C \cdot H \cdot I \cdot J$ K	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) $L = [(K-G) \cdot A] / B$ L
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TA	TA	a)						
		b)	$COS_{(0-T)}$	$F_{UT(0)}$	$F_{RG(0)}$	$F_{E(0)}$	COS_0	$\Delta C_{TATA_{Mineral}}$
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		Tierras agrícolas			
Submódulo		Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas			
Hoja de trabajo		TA-1c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos			
Hoja		1 de 1			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra de suelos orgánicos para el tipo de clima c (ha) A	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) C = A • B C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación				
TA	TA	a)			
		b)	S	FE	$\Delta C_{TATA}^{Orgánico}$
		c)			
		Total parcial			
Total					

Módulo		Tierras agrícolas				
Submódulo		Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas				
Hoja de trabajo		TA-1c3: Emisiones de carbono procedentes del encalado				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad total de cal aplicada (toneladas de cal año ⁻¹)	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos en los materiales) (toneladas de C/tonelada de cal)	Emisiones anuales de CO ₂ procedentes del encalado (toneladas de C año ⁻¹) D = B • C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TA	TA	a)				
		b)	Tipo	Cantidad	FE	$\Delta C_{TATA}^{\text{Encalado}}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

Módulo	Tierras agrícolas		
Submódulo	Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas		
Hoja de trabajo	TA-1c4: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas		
Hoja	1 de 1		
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) A	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) B	Emisiones de CO ₂ procedentes del encalado (toneladas de C año ⁻¹) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año ⁻¹) C = A-B-C D
$\Delta C_{TATA_{Minerales}}$	$\Delta C_{TATA_{Orgánicos}}$	$\Delta C_{TATA_{Encalado}}$	$\Delta C_{TATA_{Suelos}}$

Módulo		Tierras agrícolas						
Submódulo		Tierras convertidas en tierras agrícolas						
Hoja de trabajo		TA-2a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva						
Hoja		1 de 1						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación ²	Superficie anual de tierras convertidas en tierras agrícolas (ha año ⁻¹) A	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en tierras agrícolas (toneladas de C ha ⁻¹) B	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en tierras agrícolas (toneladas de C ha ⁻¹) C	Variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión de tierras en tierras agrícolas (toneladas de C ha ⁻¹) D = B-C D	Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento de tierras agrícolas (toneladas de C ha ⁻¹) E	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras agrícolas (toneladas de C año ⁻¹) F = A • (D+E) F
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	TA	a)						
		b)	S _{Conversión}	C _{Después}	C _{Antes}	T _{Conversión}	ΔC _{Crecimiento}	ΔC _{TTA_{BV}} ³
		c)						
		Total parcial						
P	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

¹ TF significa ‘tierras forestales’; TA, ‘tierras agrícolas’; P, ‘praderas’; H, ‘humedales’, A, ‘asentamientos’, y OT, ‘otras tierras’. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

² Además, los usos de la tierra deberían subdividirse con arreglo al tipo de vegetación leñosa perenne y a las zonas climáticas.

³ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Tierras agrícolas						
Submódulo		Tierras convertidas en tierras agrícolas						
Hoja de trabajo		TA-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales						
Hoja		1 de 2						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida en un sistema de tierras agrícolas ¹ (ha)	Período de inventario (valor por defecto: 20 años)	Valor de referencia de las reservas de carbono (toneladas de C ha ⁻¹)	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	TA	a)						
		b)	S	T	COS _{ref}	F _{UT(0-T)}	F _{RG(0-T)}	F _{I(0-T)}
		c)						
		Total parcial						
P	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

¹ Debería abarcar los principales sistemas de tierras agrícolas del país.

Módulo		Tierras agrícolas						
Submódulo		Tierras convertidas en tierras agrícolas						
Hoja de trabajo		TA-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales						
Hoja		2 de 2						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año inicial (preconversión) (toneladas de C ha ⁻¹) G = C • D • E • F G	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones) H	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones) I	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones) J	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha ⁻¹) K = C • H • I • J K	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) L = [(K-G) • A] / B L
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	TA	a)						
		b)	COS _(0-T)	F _{UT(0)}	F _{RG(0)}	F _{E(0)}	COS ₀	ΔC _{TTA} Minerales ¹
		c)						
		Total parcial						
P	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	TA	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Tierras agrícolas			
Submódulo		Tierras convertidas en tierras agrícolas			
Hoja de trabajo		TA-2c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos			
Hoja		1 de 1			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos en el tipo de clima c que son convertidos en tierras agrícolas (ha) A	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) C = A • B C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación				
TF	TA	a)			
		b)	S	FE	$\Delta C_{TTA}^{Orgánico}$ ¹
		c)			
		Total parcial			
P	TA	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
H, A, OT	TA	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
Total					

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Tierras agrícolas				
Submódulo		Tierras convertidas en tierras agrícolas				
Hoja de trabajo		TA-2c3: Emisiones de carbono procedentes del encalado				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad total de cal aplicada (toneladas de cal año ⁻¹)	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos de los materiales) (toneladas de C/tonelada de cal)	Emisiones anuales de CO ₂ procedentes del encalado (toneladas de C año ⁻¹) D = B • C
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TF	TA	a)				
		b)	Tipo	Cantidad	FE	$\Delta C_{TTA_{Encalado}}^1$
		c)				
		Total parcial				
P	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
H, A, OT	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
Total						

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	Tierras agrícolas		
Submódulo	Tierras convertidas en tierras agrícolas		
Hoja de trabajo	TA-2c4: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en tierras agrícolas		
Hoja	1 de 1		
Variación anual de las reservas de carbono en el suelo en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) A	Emisiones de carbono procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) B	Emisiones de CO ₂ procedentes del encalado (toneladas de C año ⁻¹) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año ⁻¹) C = A-B-C D
$\Delta C_{TTA_{Minerales}}$	$\Delta C_{TTA_{Orgánico}}$	$\Delta C_{TTA_{Encalado}}$	$\Delta C_{TTA_{Suelo}}$

Módulo		Tierras agrícolas				
Submódulo		Tierras convertidas en tierras agrícolas				
Hoja de trabajo		TA-2d: Emisiones anuales de N ₂ O en suelos minerales				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Factor de emisión por defecto del IPCC utilizado para calcular las emisiones procedentes de tierras agrícolas por efecto de la adición de N, tanto en forma de fertilizantes minerales como de estiércol o de residuos de cultivos (kg N ₂ O-N/ kg N) A	N liberado anualmente por mineralización neta de la materia orgánica del suelo por efecto de la alteración (Véase la Nota 1 <i>infra</i>) (kg N año ⁻¹) B	Emisiones adicionales derivadas del cambio de uso de la tierra (kg N ₂ O-N año ⁻¹) C = A • B C	Emisiones de N ₂ O derivadas de la alteración asociada a la conversión de tierras forestales, praderas u otras tierras en tierras agrícolas (kg N ₂ O-N año ⁻¹) D = C D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TF	TA	a)				
		b)	FE₁	N_{net-min}	N₂O_{net-min}-N	Emisiones N₂O_{TTA}²
		c)				
		Total parcial				
P	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
H, A, OT	TA	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
Total						

¹ Columna C = valor de la Columna A en la hoja de trabajo TA-2c 4, dividido por la relación C:N (véase la Ecuación 3.3.15). El valor por defecto para la relación C:N es 15.

² Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Praderas					
Submódulo		Praderas que siguen siendo praderas					
Hoja de trabajo		P-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva ¹					
Hoja		1 de 2					
Categoría de uso de la tierra ²		Subcategorías para el año de notificación ³	Superficie de praderas cubierta por biomasa boscosa perenne (ha) A	Crecimiento medio anual de la biomasa boscosa perenne (toneladas de m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Pérdida media anual de biomasa boscosa perenne (toneladas de m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹) C	Variación en la biomasa boscosa perenne viva sobre el suelo y bajo el suelo (toneladas de m. s. año ⁻¹) $D = A \bullet (B-C)$ D	Superficie de praderas cubierta de pasto (ha) E
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación						
P	P	a)					
		b)	$S_{perenne}$	$C_{perenne}$	$P_{perenne}$	$\Delta B_{perenne}$	S_{pasto}
		c)					
		Total parcial					
Total							

¹ La hoja de trabajo está basada en el Nivel 2. En el Nivel 1 se supone que las reservas de carbono en la biomasa viva no varían.

² P significa 'praderas'. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

³ Además, el uso de la tierra debería subdividirse en función del tipo de pradera y de las zonas climáticas.

Módulo		Praderas					
Submódulo		Praderas que siguen siendo praderas					
Hoja de trabajo		P-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva					
Hoja		2 de 2					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Crecimiento medio anual de la biomasa de los pastos (toneladas de m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹)	Pérdida media anual de la biomasa de los pastos (toneladas de m. s. ha ⁻¹ año ⁻¹)	Variación en la biomasa bajo el suelo de los pastos (toneladas de m. s. año ⁻¹) H = E • (F-G)	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) (toneladas de C / toneladas de m. s. ⁻¹)	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C año ⁻¹) J = (D+H) • I
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación						
P	P	a)					
		b)	C _{pastos}	P _{pastos}	ΔB _{pastos}	FC	ΔC _{PP_{BV}}
		c)					
		Total parcial					
Total							

Módulo		Praderas						
Submódulo		Praderas que siguen siendo praderas						
Hoja de trabajo		P-1c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales						
Hoja		2 de 2						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo a los T años (comienzo del año de inventario) (toneladas de C ha ⁻¹) $G = C \cdot D \cdot E \cdot F$ G	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones) H	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones) I	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones) J	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha ⁻¹) $K = C \cdot H \cdot I \cdot J$ K	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) $L = [(K-G) \cdot A] / B$ L
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación							
P	P	a)						
		b)	$COS_{(0-T)}$	$F_{UT(0)}$	$F_{RG(0)}$	$F_{E(0)}$	COS_0	$\Delta C_{PP}^{Minerales}$
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		Praderas			
Submódulo		Praderas que siguen siendo praderas			
Hoja de trabajo		P-1c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos cultivados			
Hoja		1 de 1			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos en el tipo de clima c (ha) A	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Emisiones de CO ₂ en suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) C = A • B C
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación				
P	P	a)			
		b)	S	FE	$\Delta C_{PP}^{\text{Orgánicos}}$
		c)			
		Total parcial			
Total					

Módulo		Praderas				
Submódulo		Praderas que siguen siendo praderas				
Hoja de trabajo		P-1c3: Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad anual total de cal aplicada (toneladas de cal año ⁻¹)	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos de los materiales) (toneladas de C/tonelada de cal)	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas (toneladas de C año ⁻¹)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación					
P	P	a)				
		b)	Tipo	Cantidad	FE	$\Delta C_{PP_{Enalado}}$
		c)				
		Total parcial				
Total						

Módulo	Praderas		
Submódulo	Praderas que siguen siendo praderas		
Hoja de trabajo	P-1c4: Variación anual de las reservas de carbono en suelos de praderas		
Hoja	1 de 1		
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) A	Emissiones de CO ₂ procedentes de suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) B	Emissiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas (toneladas de C año ⁻¹) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año ⁻¹) C = A-B-C D
$\Delta C_{PP_{\text{Minerales}}}$	$\Delta C_{PP_{\text{Orgánicos}}}$	$\Delta C_{PP_{\text{Encalados}}}$	$\Delta C_{PP_{\text{Suelos}}}$

Módulo		Praderas								
Submódulo		Praderas que siguen siendo praderas								
Hoja de trabajo		P-1d: Emisiones de gases distintos del CO ₂ procedentes de incendios de la vegetación								
Hoja		1 de 1								
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de praderas quemada (ha)	Masa de combustible disponible (kg m. s. ha ⁻¹)	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones)	Factor de emisión para cada GEI (g /kg m. s.)	Emisiones de CH ₄ procedentes de incendios	Emisiones de CO procedentes de incendios	Emisiones de N ₂ O procedentes de incendios	Emisiones de NO _x procedentes de incendios
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación						(toneladas de CH ₄)	(toneladas de CO)	toneladas de (N ₂ O)	(toneladas de NO _x)
			A	B	C	D	$E = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$F = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$G = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$H = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$
P	P	a)	S	B	C	D _{CH₄}	CH ₄			
						D _{CO}		CO		
						D _{N₂O}			N ₂ O	
						D _{NO_x}				NO _x
		b)								
		c)								
		Total parcial								
Total										

Módulo		Praderas						
Submódulo		Tierras convertidas en praderas						
Hoja de trabajo		P-2a: Variación anual de las reservas de carbono en biomasa viva y muerta						
Hoja		1 de 1						
Categoría de uso de la tierra ¹		Subcategorías para el año de notificación ²	Superficie de tierra convertida en pradera a partir de un uso inicial (ha año ⁻¹)	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en praderas (toneladas de C ha ⁻¹)	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en praderas (toneladas de C ha ⁻¹)	Variación de las reservas de carbono por unidad de superficie para ese tipo de conversión (toneladas de C ha ⁻¹) D = B-C	Reservas de carbono resultantes de un año de crecimiento de la vegetación de las praderas tras la conversión (toneladas de C ha ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C año ⁻¹) F = A • (D+E)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	P	a)						
		b)	S_{Conversión}	C_{Después}	C_{Antes}	P_{Conversión}	ΔC_{Crecimiento}	ΔC_{TP_{BV}} ³
		c)						
		Total parcial						
TA	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

¹ TF significa ‘tierras forestales’; TA, ‘tierras agrícolas’; P, ‘praderas’; H, ‘humedales’; A, ‘asentamientos’, y OT, ‘otras tierras’. Véanse en el Capítulo 2 varios métodos para representar áreas de tierra.

² Además, el uso de la tierra debería subdividirse en función del tipo de pradera y de las zonas climáticas.

³ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Praderas						
Submódulo		Tierras convertidas en praderas						
Hoja de trabajo		P-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales						
Hoja		1 de 2						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida en pradera a partir de un uso inicial (ha)	Período de inventario (valor por defecto: 20 años)	Valor de referencia de las reservas de carbono (toneladas de C ha ⁻¹)	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año inicial (preconversión) (sin dimensiones)
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	P	a)						
		b)	S	T	COS_{ref}	F_{UT(0-T)}	F_{RG(0-T)}	F_{E(0-T)}
		c)						
		Total parcial						
TA	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

Módulo		Praderas						
Submódulo		Tierras convertidas en praderas						
Hoja de trabajo		P-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales						
Hoja		2 de 2						
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año inicial (preconversión) (toneladas de C ha ⁻¹) $G = C \cdot D \cdot E \cdot F$ G	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario actual (sin dimensiones) H	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario actual (sin dimensiones) I	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario actual (sin dimensiones) J	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario actual (toneladas de C ha ⁻¹) $K = C \cdot H \cdot I \cdot J$ K	Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) $L = [(K-G) \cdot A] / B$ L
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación							
TF	P	a)						
		b)	$COS_{(0-T)}$	$F_{UT(0)}$	$F_{RG(0)}$	$F_{E(0)}$	COS_0	ΔC_{TP}^{1} Minerales
		c)						
		Total parcial						
TA	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
H, A, OT	P	a)						
		b)						
		c)						
		Total parcial						
Total								

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Praderas			
Submódulo		Tierras convertidas en praderas			
Hoja de trabajo		P-2c2: Variación anual de las reservas de carbono en suelos orgánicos cultivados			
Hoja		1 de 1			
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos en el tipo de clima c convertidos en praderas (ha)	Factor de emisión para el tipo de clima c (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Emisiones de CO ₂ en suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) C = A • B
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación				
TF	P	a)			
		b)	S	FE	$\Delta C_{TP_{Orgánicos}}^1$
		c)			
		Total parcial			
TA	P	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
H, A, OT	P	a)			
		b)			
		c)			
		Total parcial			
Total					

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones en el texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Praderas				
Submódulo		Tierras convertidas en praderas				
Hoja de trabajo		P-2c3: Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Tipo de cal	Cantidad anual total de cal aplicada (toneladas de cal año ⁻¹)	Factor de emisión (contenido de carbono de carbonatos de los materiales) (toneladas de C/toneladas de cal)	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas (toneladas de C año ⁻¹) D = B • C
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TF	P	a)				
		b)	Tipo	Cantidad	FE	$\Delta C_{TP}^{Enalado}$ ¹
		c)				
		Total parcial				
TA	P	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
H, A, OT	P	a)				
		b)				
		c)				
		Total parcial				
Total						

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo	Praderas		
Submódulo	Tierras convertidas en praderas		
Hoja de trabajo	P-2c4: Variación anual de las reservas de carbono en suelos de praderas		
Hoja	1 de 1		
Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹) A	Emisiones de CO ₂ en suelos orgánicos cultivados (toneladas de C año ⁻¹) B	Emisiones de carbono anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas (toneladas de C año ⁻¹) C	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo (toneladas de C año ⁻¹) C = A-B-C D
$\Delta C_{TP_{\text{Minerales}}}$	$\Delta C_{TP_{\text{Orgánicos}}}$	$\Delta C_{TP_{\text{Encalados}}}$	$\Delta C_{TP_{\text{Suelos}}}$

Módulo		Praderas								
Submódulo		Tierras convertidas en praderas								
Hoja de trabajo		P-2d: Emisiones de gases distintos del CO ₂ procedentes de incendios de la vegetación								
Hoja		1 de 1								
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de praderas quemada (ha)	Biomasa de combustible disponible presente (kg m. s. ha ⁻¹)	Eficiencia de combustión o fracción de biomasa quemada (sin dimensiones)	Factor de emisión para cada GEI (g /kg m. s.)	Emisiones de CH ₄ procedentes de incendios	Emisiones de CO procedentes de incendios	Emisiones de N ₂ O procedentes de incendios	Emisiones de NO _x procedentes de incendios
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación						(toneladas de CH ₄)	(toneladas de CO)	toneladas de (N ₂ O)	(toneladas de NO _x)
			A	B	C	D	$E = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$F = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$G = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$	$H = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 10^{-6}$
TF	P	a)	A	B	C	D _{CH₄}	CH ₄			
						D _{CO}		CO		
						D _{N₂O}			N ₂ O	
						D _{NO_x}				NO _x
		b)								
		Total parcial								
TA	P	a)								
		b)								
		Total parcial								
Total										

Módulo		Humedales					
Submódulo		Humedales que siguen siendo humedales (Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba)					
Hoja de trabajo		H-1c: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo ¹					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje (ha) A	Factor de emisión de CO ₂ procedente de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje (ha) C	Factor de emisión de CO ₂ procedente de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) D	Emisiones de CO ₂ procedentes de suelos gestionados para la extracción de turba (toneladas de C año ⁻¹) E = (A • B) + (C • D) E
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación						
H	H	a)					
		b)	S _{ricoNturba}	FE _{ricoNturba}	S _{pobreNturba}	FE _{pobreNturba}	$\Delta C_{HH turba_{Suelos}} = \Delta C_{HH turba_{Suelos extracción}}$
		c)					
		Total parcial					
Total							

¹ Los mecanismos de emisión de CO₂ en los reservorios de turba y las operaciones de restauración no se conocen suficientemente bien. Por ello, sólo se indican métodos y datos para estimar la variación de las reservas de carbono en el suelo en relación con la extracción de turba (esencialmente, emisiones causadas por una mayor oxidación en los terrenos donde se produce).

Módulo		Humedales					
Submódulo		Humedales que siguen siendo humedales (Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba)					
Hoja de trabajo		H-1d1: Emisiones de N ₂ O procedentes del drenaje de turberas					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos drenados ricos en nutrientes	Factor de emisión de N ₂ O en suelos orgánicos ricos en nutrientes	Superficie de suelos orgánicos drenados pobres en nutrientes	Factor de emisión de N ₂ O en suelos orgánicos pobres en nutrientes	Emisiones de N ₂ O procedentes de suelos orgánicos drenados
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación		(ha)	(kg N ₂ O-N ha ⁻¹ año ⁻¹)	(ha)	(kg N ₂ O-N ha ⁻¹ año ⁻¹)	(Gg N ₂ O año ⁻¹)
			A	B	C	D	E
H	H	a)					
		b)	S _{ricoNturba}	FE _{2ricoNturba}	S _{pobreNturba}	FE _{2pobreNturba}	Emisiones N₂O_{HH turba}
		c)					
		Total parcial					
Total							

Módulo		Humedales				
Submódulo		Humedales que siguen siendo humedales (Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas)				
Hoja de trabajo		H-1d2: Emisiones de CO ₂ procedentes de tierras anegadas ¹				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie anegada total, incluida la superficie de las tierras anegadas, de los lagos inundados y de los ríos en crecida (ha) A	Período de anegamiento (días por año) ² B	Promedio de emisiones difusivas diarias Gg CO ₂ ha ⁻¹ día ⁻¹ C	Emisiones totales de CO ₂ en tierras anegadas (Gg CO ₂ año ⁻¹) D = A • B • C D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
H	H	a)				
		b)	S _{anegada} , superficie total	T	E _{(CO₂)dif}	Emisiones CO₂ HH anegadas
		c)				
		Total parcial				
Total						

¹ El supuesto por defecto es que la emisión de CO₂ se limitaría a aproximadamente 10 años, y que no es necesario incluir las tierras anegadas hace más de 10 años.

² Por lo general, 365 días para las estimaciones de inventario anuales.

Módulo		Humedales					
Submódulo		Humedales que siguen siendo humedales (Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas)					
Hoja de trabajo		H-1d3: Emisiones de CH₄ procedentes de tierras anegadas					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie anegada total, incluida la superficie de las tierras anegadas, de los lagos inundados y de los ríos en crecida (ha) A	Período de anegamiento (días por año) ¹ B	Promedio de emisiones difusivas diarias (Gg CH ₄ ha ⁻¹ día ⁻¹) C	Promedio de emisiones en burbujas diarias (Gg CH ₄ ha ⁻¹ día ⁻¹) D	Emisiones totales de CH ₄ en tierras anegadas (Gg CH ₄ año ⁻¹) E = A • B • (C + D) E
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación						
H	H	a)					
		b)	S_{anegada}, superficie total	T	E_{(CH4)dif}	E_{(CH4)burbujas}	Emisiones CH₄ HH anegadas
		c)					
		Total parcial					
Total							

¹ Por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anuales.

Módulo		Humedales				
Submódulo		Humedales que siguen siendo humedales (Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas)				
Hoja de trabajo		H-1d4: Emisiones de N ₂ O procedentes de tierras anegadas				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie anegada total, incluida la superficie de las tierras anegadas, de los lagos inundados y de los ríos en crecida (ha) A	Período de anegamiento (días por año) ¹ B	Promedio de emisiones difusivas diarias (Gg N ₂ O ha ⁻¹ día ⁻¹) C	Emisiones totales de N ₂ O en tierras anegadas (Gg N ₂ O año ⁻¹) D = A • B • C D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
H	H	a)				
		b)	S _{anegada} , superficie total	T	E _{(N₂O)_{dif}}	Emisiones N₂O_{HH} anegadas
		c)				
		Total parcial				
Total						

¹ Por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anuales.

Módulo		Humedales					
Submódulo		Tierras convertidas para la extracción de turba					
Hoja de trabajo		H-2a1: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente para la extracción de turba a partir del uso original de la tierra i (ha año ⁻¹) A	Biomasa sobre el suelo inmediatamente después de la conversión para la extracción de turba (toneladas de m. s. ha ⁻¹) B	Biomasa sobre el suelo inmediatamente antes de la conversión para la extracción de turba (toneladas de m. s. ha ⁻¹) C	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) [toneladas de C (toneladas de m. s.) ⁻¹] D	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas para la extracción de turba (toneladas de C año ⁻¹) E = A • (B-C) • D E
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación						
TF	H	a)					
		b)	S _i	B _{Después}	B _{Antes}	FC	$\Delta C_{TH\ turba_{BV}}^1$
		c)					
		Total parcial					
TA	H						
P	H						
Total							

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Humedales					
Submódulo		Tierras convertidas para la extracción de turba					
Hoja de trabajo		H-2c: Variación anual de las reservas de carbono en el suelo ¹					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba (ha) A	Factor de emisión de la variación de las reservas de carbono en suelos orgánicos ricos en nutrientes convertidos para la extracción de turba (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) B	Superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba (ha) C	Factor de emisión de las reservas de carbono en suelos orgánicos pobres en nutrientes convertidos para la extracción de turba (toneladas de C ha ⁻¹ año ⁻¹) D	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo por efecto del drenaje de suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba (toneladas de C año ⁻¹) E = (A • B) + (C • D) E
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación						
TF	H	a)					
		b)	S _{ricoN}	FE _{ricoN}	S _{pobreN}	FE _{pobreN}	$\Delta C_{TH\ turba_{suelos}}^2 = \Delta C_{drenaje}$
		c)					
		Total parcial					
TA	H						
P	H						
Total							

¹ En el caso de las tierras convertidas para la extracción de turba, sólo se considera el efecto del drenaje de la turba.

² Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Humedales					
Submódulo		Tierras convertidas en tierras anegadas (Reservorios)					
Hoja de trabajo		H-2a2: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva ¹					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente en tierras anegadas a partir del uso de la tierra i (ha año ⁻¹) A	Biomasa viva inmediatamente después de la conversión en tierras anegadas (valor por defecto: 0) (toneladas de m. s. ha ⁻¹) B	Biomasa viva en las tierras inmediatamente antes de la conversión en tierras anegadas (toneladas de m. s. ha ⁻¹) C	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) [toneladas de C (toneladas de m. s.) ⁻¹] D	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en tierras anegadas (toneladas de C año ⁻¹) E = A • (B-C) • D E
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación						
TF	H	a)					
		b)	S _i	B _{Después}	B _{Antes}	FC	$\Delta C_{TH\ anegadas_{BV}}^2$
		c)					
		Total					
TA	H						
P	H						
Total							

¹ Sólo se tienen en cuenta las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa viva sobre el suelo por efecto de su conversión en tierras anegadas, suponiendo que las reservas de carbono antes de la conversión se pierden en el primer año posterior a la conversión (Nivel 1).

² Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Asentamientos					
Submódulo		Asentamientos que siguen siendo asentamientos					
Hoja de trabajo		A-1a: Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva¹					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie total de cubierta de copas (ha)	Tasa de crecimiento basada en la superficie de la cubierta de copas [toneladas de C (ha de cubierta de copas) ¹ año ⁻¹]	Crecimiento anual de la biomasa (toneladas de C año ⁻¹) $C = A \cdot B$	Pérdida anual de biomasa ² (toneladas de C año ⁻¹)	Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva (toneladas de C año ⁻¹) $E = C - D$
Uso de la tierra	Uso de la tierra durante el año de notificación						
A	A	a)					
		b)	S_{COPAS}	COPAS	ΔB_{AA_C}	ΔB_{AA_P}	$\Delta C_{AA_{BV}}$
		c)					
		Total parcial					
Total							

¹ Para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en el Nivel 1 puede optarse entre dos métodos: a) método de la superficie de la cubierta de copas; y b) método de la tasa de crecimiento de árboles. Esta hoja de trabajo está basada en el método de la superficie de la cubierta de copas.

² La variación de las reservas de carbono cuando hay pérdida de biomasa se establece en cero cuando la edad media de la población arbórea es de 20 años o menor; en caso contrario, se supondrá que la variación de las reservas de carbono con el crecimiento de la biomasa es igual a las pérdidas.

Módulo		Asentamientos				
Submódulo		Tierras convertidas en asentamientos (tierras forestales convertidas en asentamientos)				
Hoja de trabajo		A-2a: Variación anual de las existencias de carbono en la biomasa viva				
Hoja		1 de 1				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente de tierras forestales en asentamientos (ha año ⁻¹) A	Reservas de carbono en la biomasa viva inmediatamente después de la conversión en asentamientos (toneladas de C ha ⁻¹) B	Reservas de carbono en la biomasa viva en los bosques inmediatamente antes de la conversión en asentamientos (toneladas de C ha ⁻¹) C	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva por efecto de la conversión de tierras forestales en asentamientos (toneladas de C año ⁻¹) D = A • (B-C) D
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación					
TF	A	a)				
		b)	S	C _{Después}	C _{Antes}	$\Delta C_{TFA_{BV}}^1$
		c)				
		Total parcial				
Total						

¹ El subíndice TFA significa “tierras forestales convertidas en asentamientos”.

Módulo		Otras tierras					
Submódulo		Tierras convertidas en otras tierras					
Hoja de trabajo		OT-2a: Variación anual en la biomasa viva					
Hoja		1 de 1					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Superficie de tierra convertida anualmente en "Otras tierras" a partir de ciertos usos de la tierra iniciales en el año de notificación (ha año ⁻¹) A	Cantidad de biomasa viva inmediatamente después de la conversión en "Otras tierras" (toneladas de m. s. ha ⁻¹) B	Cantidad de biomasa viva inmediatamente después de la conversión en "Otras tierras" (toneladas de m. s. ha ⁻¹) C	Fracción de carbono de la materia seca (valor por defecto: 0,5) [toneladas de C (toneladas de m. s.) ⁻¹] D	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en "Otras tierras" (toneladas de C año ⁻¹) E = A • (B-C) • D E
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación						
TF,TA,P, H	OT	a)					
		b)	S_{conversión}	B_{Después}	B_{Antes}	FC	ΔC_{OT}_{BV}¹
		c)					
		Total parcial					
Total							

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Módulo		Otras tierras					
Submódulo		Tierras convertidas en otras tierras					
Hoja de trabajo		OT-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales					
Hoja		1 de 2					
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Valor de referencia de las reservas de carbono (véase el Cuadro 3.3.3) (toneladas de C ha ⁻¹) A	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones) B	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión en el año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones) C	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica en el año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones) D	Reservas de carbono orgánico en el suelo en el año de inventario (toneladas de C ha ⁻¹) E=A • B • C • D E
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación						
TF,TA,P, H	OT	a)					
		b)	COS_{Ref}	F_{UT(0)}	F_{RG(0)}	F_{E(0)}	COS₀
		c)					
		Total parcial					
Total							

Módulo		Otras tierras								
Submódulo		Tierras convertidas en otras tierras								
Hoja de trabajo		OT-2c1: Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales								
Hoja		2 de 2								
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año de notificación	Período de tiempo necesario para la conversión (valor por defecto: 20) (años)	Superficie de tierra convertida en "Otras tierras" (ha)	Valor de referencia de las reservas de carbono (véase el Cuadro 3.3.3) (toneladas de C ha ⁻¹)	Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra T años antes del año de inventario, (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un régimen de gestión T años antes del año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Factor de variación de las reservas para un aporte de materia orgánica T años antes del año de inventario (véase el Cuadro 3.3.4) (sin dimensiones)	Reservas de carbono orgánico en el suelo T años antes del año de inventario (toneladas de C ha ⁻¹)	Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo en suelos minerales (toneladas de C año ⁻¹)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación									
TF, TA, P, H	OT	a)								
		b)	T	S	COS _{Ref}	F _{UT(0-T)}	F _{RG(0-T)}	F _{E(0-T)}	COS _(0-T)	ΔC _{OT,Minerales} ¹
		c)								
		Total parcial								
Total										

¹ Los símbolos se han indicado para denotar la relación entre las hojas de trabajo, las hojas de trabajo compilatorias, el cuadro de notificación, y las ecuaciones del texto principal de la publicación. Obsérvese que los símbolos indicados corresponden únicamente a una categoría de uso de la tierra, a título de ejemplo.

Apéndice 3a.1 Productos de madera recolectada: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

3a.1.1 Cuestiones metodológicas

3a.1.1.1 RELACIÓN CON LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*¹

En las *Directrices del IPCC* (IPCC, 1997) se describen métodos generales para la inclusión de la madera recolectada en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GEI). En esta sección se muestra la relación existente entre esa descripción y las metodologías y métodos de estimación que figuran en el presente Apéndice. Los productos de madera y de papel se denominan ‘productos de madera recolectada’ (PMR). En este concepto no se incluye el carbono de los árboles talados abandonados en el lugar de la recolección. El tema de la madera recolectada se examina en el Recuadro 5 (*Directrices del IPCC*, Manual de referencia, pág. 5.17) como sigue:

"Para realizar los cálculos básicos, el supuesto por defecto recomendado consiste en que todo el carbono absorbido de la biomasa de la madera y de otras biomásas forestales se oxida en el año de su absorción. Esta afirmación no es estrictamente exacta para ciertos productos forestales, pero se considera un supuesto legítimo y prudencial para los cálculos iniciales."

y

"...el supuesto por defecto recomendado consiste en que todo el carbono de la biomasa recolectada se oxida en el año de su absorción. Este supuesto se basa en la impresión de que, en la mayoría de los países, las reservas de productos forestales no aumentan significativamente en términos anuales." En el texto de las Directrices se indica además: "El método propuesto recomienda que el almacenamiento de carbono en los productos forestales se incluya en un inventario nacional sólo cuando el país pueda documentar que las reservas existentes de productos forestales de larga duración aumentan efectivamente. Si los datos lo permiten, puede agregarse un depósito a la Ecuación (1), en el cálculo de las reservas en los bosques y en otra biomasa boscosa, para dar cuenta de los aumentos del depósito de productos forestales. Esta información requeriría, naturalmente, una cuidadosa documentación, y en particular la contabilización de las importaciones y exportaciones de productos forestales durante el período de inventario."

Con respecto a la relación entre el texto precedente y esta publicación, las *Directrices del IPCC* recomiendan que la estimación de las cantidades almacenadas se incluya en los inventarios solamente cuando un país pueda documentar un método que evidencie que las reservas aumentan. En el presente Apéndice se examina con mayor detalle en qué situaciones podría disponerse de tales métodos para que los países determinen y documenten los aumentos de reservas de PMR. El presente Apéndice se fundamenta en el supuesto de que habría que procurar que los países puedan determinar si llegarían o no a cumplir esa condición exclusiva señalada en las *Directrices del IPCC*.

El texto de las *Directrices del IPCC* anteriormente citado constituye un punto de partida para el desarrollo de *orientaciones de buenas prácticas* que permitan estimar y notificar los PMR. El supuesto por defecto recomendado (básicamente, que la madera recolectada se oxida durante el año de absorción) produce el mismo efecto que cuando no existen variaciones significativas de las reservas de los productos. En tales casos, el flujo de carbono en la recolección es igual al flujo de descomposición de los PMR en la atmósfera, aunque podría haber también un retardo de las emisiones (y un volumen considerable, aunque constante, de las reservas de PMR). En el resto de esta sección, ese supuesto se denominará *modalidad por defecto* del IPCC. El texto descriptivo indica que, si los datos lo permiten, la variación positiva de las reservas en PMR podrá notificarse en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Hay dos alternativas para ello:

Modalidad 1: Estimación de la variación anual de las reservas de carbono en los PMR de un país, con independencia del origen de la madera. Ello implicaría que:

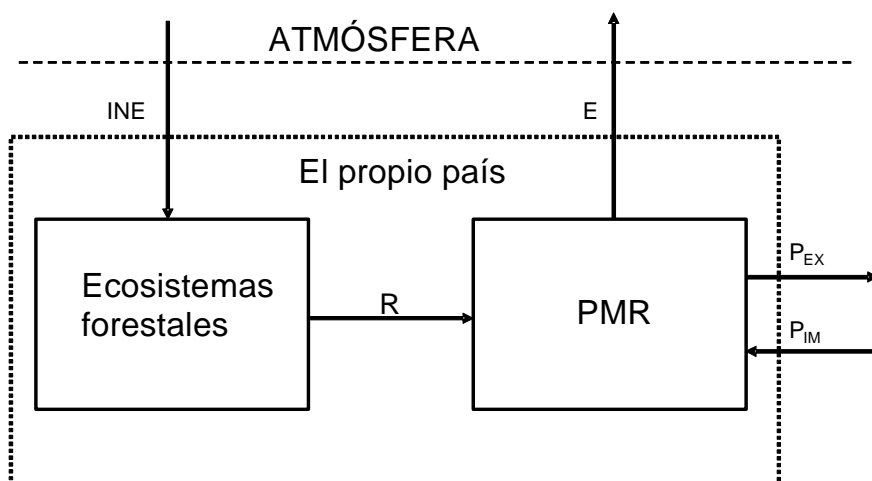
- Las fuentes de carbono de la madera no son específicas en términos espaciales; es decir, el carbono de los productos proviene de diversas áreas de tierra, y en particular de bosques de otros países, pero el carbono aparece finalmente en el país notificante.

¹ En esta publicación, las *Directrices del IPCC* para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (IPCC, 1997) se abreviarán como *Directrices del IPCC*.

- Las estimaciones de la variación de las reservas estarían basadas en datos sobre el tipo de uso y la forma de evacuación a que se someten los productos en el interior de las fronteras de un país; podrían abarcar los movimientos de los productos que entran y salen del país. Los datos sobre el tipo de uso y la forma de utilización de los productos figurarían en un solo país.
- La madera proviene de numerosas fuentes y actividades de gestión, que pueden ser externas al país. La variación de las reservas no puede vincularse a las actividades en un área de tierra determinada.
- Esta modalidad puede utilizarse al evaluar el efecto de diversos factores sobre la acumulación y pérdida del carbono de PMR almacenado en un país.
- Hay varios tipos de absorción (o de transferencia a los PMR) y de emisión asociados con la estimación de la variación de las reservas en los PMR de un país, a saber: la transferencia de material recolectado a nivel nacional a productos, la transferencia de importaciones a productos, y la transferencia de productos a otros países, así como las emisiones de los productos hacia la atmósfera (véase la Figura 3a.1.1).
- Las variaciones positivas de las reservas de carbono se interpretarían como absorciones o, equivalentemente, como emisiones negativas, expresadas en Gg de CO₂/año en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

La Modalidad 1 se denomina "Modalidad de variación de reservas".

Figura 3a.1.1 Flujos y reservas de carbono asociados a los bosques y a los productos de madera recolectada (PMR) ilustrativos de las Modalidades de variación de reservas y de contabilización del flujo atmosférico²



Definiciones de variables:

INE = intercambio neto entre ecosistemas

R = madera recolectada transportada desde los bosques

E = emisiones de PMR dentro de las fronteras de un país

P_{EX} = exportaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de la madera y los productos refinados

P_{IM} = importaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de la madera y los productos refinados

Modalidad 2: Estimación de la variación anual de las reservas de carbono en los PMR, cuyo carbono procede de árboles recolectados en el país notificante. Ello implicaría que:

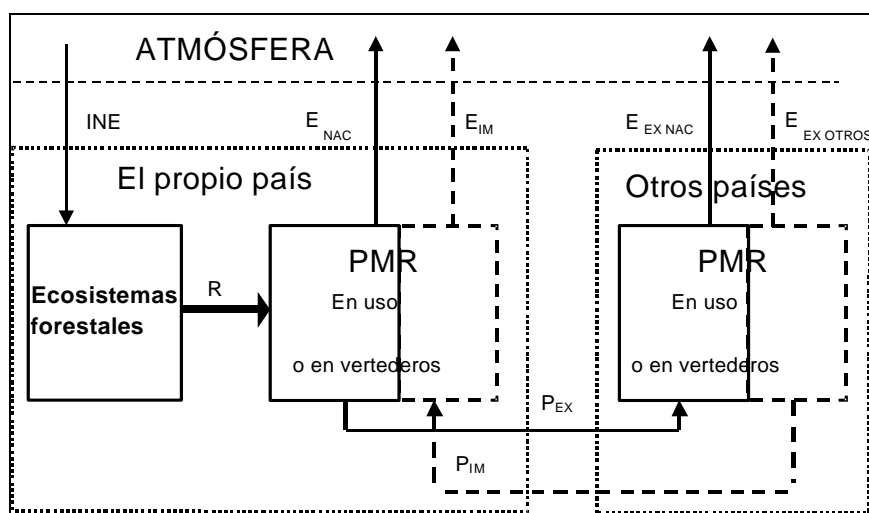
- Las estimaciones de la variación de las reservas estarían basadas en los avatares del carbono de la madera originado en un área de tierra dada; podrían abarcar el movimiento de productos hacia el exterior del país y su eliminación en otros países. Podrían necesitarse datos sobre los usos y la forma de eliminación en diferentes países, o necesitarse supuestos con respecto a la eliminación en otros países.
- Por consiguiente, los límites de notificación no coincidirían con las fronteras nacionales.

² La Modalidad de flujo atmosférico es la Modalidad 3 de la presente sección.

- La madera proviene de una fuente terrestre, y la variación de las reservas de carbono estaría asociada a actividades de gestión en esa tierra.
- Podría utilizarse esta modalidad como parte de la evaluación de las variaciones del almacenamiento de carbono asociadas a la gestión en ciertas áreas de tierra.
- Esta modalidad podría adaptarse al ciclo de vida de todo el carbono de madera recolectado en un área de tierra específica.
- Las variaciones positivas de las reservas de carbono se interpretarían como absorciones o, equivalentemente, como emisiones negativas, expresadas en Gg de CO₂/año en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- Existen varios tipos de absorción (o de transferencia a PMR) y de emisión asociados a las estimaciones de la variación de las reservas en PMR que proceden de la madera de un país. Entre ellos, la transferencia de la recolección nacional a productos del país y de otros países, las emisiones procedentes de los PMR del país procedentes de la recolección nacional, y las absorciones procedentes de los PMR de otros países que provienen de la recolección nacional (véase la Figura 3a.1.2).

La Modalidad 2 se denomina Modalidad de producción).

Figura 3a.1.2 Flujos y reservas de carbono asociados a los bosques y a los productos de madera recolectada (PMR) ilustrativos de la Modalidad de contabilización de la producción.



Definiciones de variables:

- INE = intercambio neto entre ecosistemas
- R = madera recolectada transportada desde los bosques
- E_{NAC} = emisiones procedentes de PMR del propio país de madera recolectada en bosques nacionales
- E_{EX NAC} = emisiones procedentes de PMR de otros países de madera exportada y hechos con madera recolectada en los bosques del propio país
- E_{IM} = emisiones procedentes de PMR importados en el propio país
- E_{EX OTROS} = emisiones procedentes de PMR en otros países hechos de madera recolectada en otros países
- P_{EX} = exportaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de madera y los productos refinados
- P_{IM} = importaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de madera y los productos refinados

Las Modalidades 1 y 2 fueron elaboradas en una Reunión de expertos del IPCC sobre los productos de madera recolectada (IPCC, 1998). Si el organismo encargado del inventario utiliza una de esas dos modalidades, la variación anual estimada de las reservas en los PMR se añadiría a la variación anual estimada en la biomasa, conforme a la Ecuación 1 de las *Directrices del IPCC* (Manual de referencia, pág. 5.19). La Ecuación 1 de las *Directrices del IPCC* corresponde a la suma de las Ecuaciones 3.2.1 y 3.2.21 del Capítulo 3 de esta publicación. La Ecuación 3.2.1 representa la variación del carbono en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, y la Ecuación 3.2.21 representa la variación del carbono en tierras no forestales convertidas en tierras forestales. La Modalidad de producción añadiría la variación del carbono en los PMR cuando el carbono proviene de árboles de bosques nacionales (las fuentes terrestres indicadas en las Ecuaciones 3.2.1 y 3.2.21). En la

Modalidad de variación de reservas se añadiría la variación del carbono de PMR que reside en el país (incluyendo las importaciones, pero excluyendo las exportaciones).

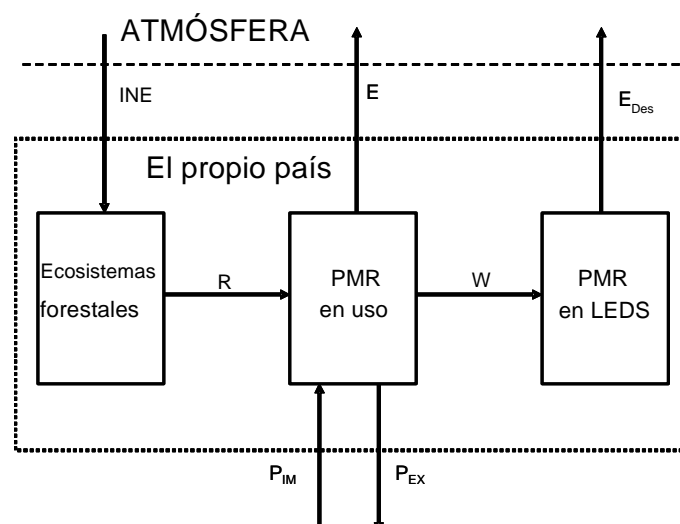
En la citada reunión de expertos del IPCC se elaboró una tercera modalidad que no se menciona explícitamente en las *Directrices del IPCC*.

Modalidad 3: Estimación de los flujos atmosféricos anuales entre atmósfera y bosques/PMR dentro de las fronteras nacionales, lo cual implicaría que:

- El punto de vista en que se basa esta modalidad es diferente de los anteriores. En lugar de centrarse en la variación de las reservas (Modalidades 1 y 2), lo hace directamente en los flujos de carbono que proceden de la atmósfera y van hacia ella. En esta modalidad se tienen en cuenta la absorción anual de carbono por los bosques y las emisiones de los PMR.
- En lugar de notificarse la variación anual de las reservas en los PMR como en la Modalidad 1, se notifican en esta modalidad las emisiones anuales (véase la Figura 3a.1.1).
- En esta modalidad podría ser necesario modificar las actuales prácticas de notificación en relación con los bosques. En lugar de notificar sólo la variación anual neta de la biomasa boscosa como materia vegetal menos materia recolectada (y las variaciones del carbono en las demás reservas de los ecosistemas forestales), el flujo neto anual de carbono hacia los ecosistemas forestales (intercambio neto entre ecosistemas) se notificaría junto con las estimaciones de las emisiones procedentes de los PMR (véase la Figura 3a.1.1).
- Las estimaciones de las emisiones estarían basadas en datos sobre los avatares de los productos en términos del tipo de uso y de la forma de eliminación de los desechos dentro de las fronteras del país, y podrían abarcar los movimientos de los productos que entran y salen del país. Los datos sobre los tipos de uso y las formas de utilización se hallarían en el país notificante. En este sentido, esta Modalidad es similar a la Modalidad 1 (véanse las Figuras 3a.1.1 y 3a.1.3).
- La madera proviene de numerosas fuentes y actividades de gestión, posiblemente externas al país. Las emisiones están vinculadas al lugar de emisión, pero no a las tierras de las que procede el carbono de la madera. Esta situación es análoga a la de la Modalidad 1.
- Está modalidad puede utilizarse para evaluar el efecto de todos los factores que influyen en las emisiones procedentes del carbono de la madera en un país.
- Hay varios tipos de absorción (o de transferencia a PMR) y de emisión asociados a la estimación de las emisiones procedentes de las reservas en los PMR de un país. Entre ellas, la transferencia de material recolectado a productos, las emisiones procedentes de PMR que permanecen en el país, y las emisiones procedentes de productos importados al país (véase la Figura 3a.1.1).
- El flujo de carbono E de la Figura 3a.1.1 se interpretaría como una emisión expresada en Gg de CO₂/año en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

La Modalidad 3 se denomina Modalidad de flujo atmosférico.

Figura 3a.1.3 Flujos y reservas de carbono cuando se consideran tanto los productos en uso como en los lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS) (Modalidades de variación de reservas y de contabilización del flujo atmosférico).



Definiciones de variables:

PMR	= productos de madera recolectada
INE	= intercambio neto entre ecosistemas
R	= madera recolectada transportada desde los bosques
E	= emisiones procedentes de los PMR <u>en uso</u> dentro de las fronteras del país
P _{EX}	= exportaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos esencialmente de madera y los productos refinados
P _{IM}	= importaciones de PMR, incluidos los rollizos, los desechos derivados de madera y los productos refinados
Des	= carbono en PMR pasado a LEDS
E _{Des}	= emisiones procedentes de PMR <u>en LEDS</u> dentro de las fronteras del país

Objetivo del presente Apéndice

El presente apéndice informa sobre posibles métodos para estimar la variación de las reservas en conformidad con las *Directrices del IPCC*, si se dispone de datos. Además, sería útil en relación con cada una de las tres modalidades anteriormente descritas o, posiblemente, en relación con otras modalidades, en función de las decisiones que adopten la Conferencia de las Partes (CP) y/o CP/RP sobre esta materia.³

El problema de la contabilización del carbono en los desechos derivados de madera

Una cuestión adicional que hay que resolver al decidir uno u otro método es la inclusión o no de la variación de las reservas de PMR en lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS) en la estimación y notificación de las emisiones/absorciones. Y, si se incluyera, la manera en que debería hacerse. Hay varias cuestiones que conviene examinar:

- En primer lugar, si los supuestos sobre la descomposición de la madera en los LEDS deberían o no guardar coherencia entre el sector de desechos y el sector forestal. En otras palabras, si el sector de desechos estima que una parte de las reservas de carbono de madera en los LEDS no se descompone, ¿debería adoptarse ese mismo supuesto en el sector forestal?
- En segundo lugar, si el sector de desechos debería o no conocer la evolución de las reservas en PMR almacenadas en LEDS. En caso afirmativo, ¿cómo se reflejaría esa circunstancia en la contabilidad de los PMR en el sector forestal? En la actualidad, el sector de desechos contabiliza y estima las emisiones de metano procedentes de LEDS (incluidas las emisiones procedentes de madera y de papel), pero no las correspondientes variaciones de las reservas de carbono en los LEDS.

Esas cuestiones no se resolverán en la presente sección, pero se sugieren métodos para estimar la variación del carbono de los PMR almacenado en los LEDS.

Cómo contabilizar el uso de madera recolectada para la producción de energía

En la actualidad, las emisiones de energía procedentes de la madera se anotan, pero no se incluyen en las emisiones que se contabilizan en el sector de energía o en otros sectores que producen energía a partir de la madera. Se supone que tales emisiones se contabilizarán en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS). Es decir, forman parte de las emisiones procedentes de la madera recolectada. A propósito de la modalidad de contabilización de PMR, cabe señalar que recoge adecuadamente las emisiones procedentes de la energía maderera de un país. Las Modalidades de variación de reservas y de flujo atmosférico dan cuenta, en ambos casos, de la totalidad de las emisiones procedentes de la madera quemada para obtener energía en un país, pero la Modalidad de producción podría no dar cuenta de toda la madera quemada para obtener energía si una parte de la madera se importara y posteriormente se quemara para obtener energía. Tales emisiones no se contabilizan, dado que la madera importada (incluidas las cantidades quemadas después de ser importadas) no se incluyen en la Modalidad de producción.

³ Se han aplazado las decisiones sobre la manera de tratar los productos de madera recolectada. *La Conferencia de las Partes decide que todo cambio en el tratamiento de los productos madereros estará sujeto a las decisiones que adopte la Conferencia de las Partes (FCCC/CP/2001/13/Add/1, pág. 58, párrafo 4)*. El OSACT, en FCCC/SBSTA/2003/L.3, recordó la decisión 11/CP.7, párrafo 4, y tomó nota de la posible inclusión de métodos para estimar la variación del carbono almacenado en los productos de madera recolectada en forma de anexo o de apéndice al informe del IPCC sobre buenas prácticas en el sector de UTCUTS. El Apéndice tiene por objeto apoyar las decisiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico. Dado que el OSACT ha pedido que la Secretaría de la CMNU "...prepare un informe técnico sobre contabilización de productos madereros...", se examinan en la presente sección posibles métodos que los autores sugieren utilizar, sea cual sea el punto de vista desde el que se aborde la contabilidad (FCC/SBSTA/2001/8, 4 de febrero de 2002).

Estructura de Niveles propuesta

Se sugiere estructurar los métodos de estimación en tres niveles:

Nivel 1

El método de estimación por defecto de las *Directrices del IPCC* es el utilizado para las estimaciones del Nivel 1. En este nivel o método se presupone que todo el carbono de la biomasa recolectada se oxida durante el año de su absorción. Tal situación equivaldría a estimar una variación nula de las reservas de carbono en PMR tanto en la Modalidad de variación de reservas como en la Modalidad de producción.

Nivel 2: Descomposición de primer orden (un método de flujo)

Se estima la variación de las reservas de carbono en los PMR para los productos en uso y –si los desechos se incluyen en la notificación– el carbono de los PMR en las LEDS. Las estimaciones se realizan vigilando la evolución de las entradas y de las salidas respecto de esos depósitos de carbono (denominados también flujos de entrada y de salida). Se utilizan datos desde hace varios decenios hasta la fecha actual para estimar: 1) las adiciones a los PMR en uso; 2) las absorciones en términos de uso; 3) las adiciones a los PMR en los LEDS; y 4) la degradación en los LEDS. Este procedimiento es necesario para obtener una estimación de las reservas en los PMR acumuladas por el uso de la madera a lo largo del tiempo y las emisiones en el año en curso procedentes de esas reservas, a medida que dejan de utilizarse éstas (denominadas también "emisiones heredadas").

Si se incluyen los PMR en los LEDS, se trata de que los datos utilizados en el Nivel 2 sean coherentes con los datos utilizados en ese mismo nivel para el sector de desechos (Capítulo 5, Desechos, *OBP2000*⁴). Los factores numéricos que utilice un país para calcular las emisiones de metano en los LEDS deberían ser coherentes con los utilizados para calcular las cantidades de carbono en PMR retenidas en los LEDS.

Nivel 3: Métodos específicos del país

Tanto la variación del carbono de PMR en uso como la del carbono existente en los LEDS (si se acuerda incluirla) pueden calcularse utilizando métodos diferentes. Estos métodos podrían ser aplicables a algunas, aunque no todas, las modalidades de contabilización (Flugsrud *et al.*, 2001).

Método A - Estimar la variación en los inventarios (métodos basados en las reservas)

Utilizar inventarios de PMR en uso o de PMR en lugares de eliminación de desechos en dos o más fechas, y calcular la variación del carbono almacenado. El depósito en los PMR utilizados en las estructuras de construcción suele ser una parte importante del depósito total de PMR. La cantidad de carbono en PMR puede estimarse, por ejemplo, multiplicando el contenido medio de PMR por metro cuadrado de suelo por el suelo total para diversos tipos de edificios. La variación del carbono puede estimarse anotando la variación entre inventarios estimados en momentos diferentes. Se encontrarán ejemplos de ese tipo de inventarios en Gjesdal *et al.*, 1996 (para Noruega) y en Pingoud *et al.*, 1996, 2001 (para Finlandia). En este caso, no es necesario ningún procedimiento para integrar las reservas en PMR obtenidas de datos históricos sobre el uso de la madera, lo cual constituye una ventaja en comparación con los métodos de flujo (Nivel 2 y Nivel 3/Método B). Análogamente, se ha sugerido que la variación del carbono en PMR en los LEDS podría estimarse utilizando información sobre la superficie, profundidad media y contenido medio del carbono en madera y papel por metro cúbico en tales lugares, aunque en los trabajos publicados no se menciona ningún ejemplo de tal método.

Método B - Seguimiento de los flujos de entrada y salida a lo largo del tiempo mediante datos detallados del país (métodos de flujo)

Utilizar datos detallados del país desde hace varios decenios, y estimar, para cada uno de esos años hasta la fecha actual, i) las adiciones a los depósitos de PMR en uso, ii) las absorciones en términos de uso, iii) las adiciones a los depósitos de PMR en LEDS, y iv) la degradación en los LEDS. En las estimaciones respecto de los LEDS podrían utilizarse estimaciones basadas en datos obtenidos directamente de la cantidad de PMR incorporado a los LEDS cada año, en lugar de la cantidad de PMR que deja de ser utilizada y de la parte que va a parar a los LEDS.

Método C - Combinar las estimaciones del Método A y del Método B

Estos dos métodos pueden combinarse, por ejemplo: 1) utilizando las variaciones del inventario para estimar las variaciones del carbono en edificios y mobiliario; y 2) utilizando los flujos de entrada y de salida para estimar la variación del carbono en los productos de papel (véase, por ejemplo, Flugsrud *et al.*, 2001, para el caso de Noruega).

⁴ En esta publicación, la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC 2000) se abreviará como *OBP2000*.

3a.1.1.2 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Con los datos por defecto y las estimaciones específicas del país respecto de ciertos parámetros, los países pueden utilizar el Nivel 2 para realizar estimaciones preliminares que permitan evaluar la variación de las reservas en PMR y decidir si los aumentos contabilizados de las reservas constituirían una categoría esencial. Si se dispone de información sobre el país, se sugiere utilizar métodos del Nivel 3 adaptados al país, por ejemplo la variación entre inventarios de los productos de madera almacenados en depósitos de larga vida para ese fin. Si los PMR constituyen una categoría esencial, se sugiere que se trate de obtener datos de ámbito nacional respecto de las estimaciones en los Niveles 2 ó 3. Si los PMR no constituyen una categoría esencial, podrá aplicarse el Nivel 1.

3a.1.1.3 ELECCIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD Y DE FACTORES EN LOS CÁLCULOS

Nivel 1: Valores por defecto de las *Directrices del IPCC*

En el Nivel 1, el supuesto por defecto recomendado consiste en que la totalidad del carbono de la biomasa recolectada se oxida en el año de su absorción. Este supuesto está basado en la impresión de que, en la mayoría de los países, las reservas de productos forestales no aumentan ni disminuyen notablemente en términos anuales.

Nivel 2: Métodos de descomposición de primer orden (DPO)

Este método responde a la idea de que, según las estimaciones, el carbono presente en cada uno de los depósitos de carbono (productos en uso y productos en los LEDS) escapa a una tasa porcentual constante. El método del Nivel 2, aplicado al sector de desechos, se basa en esta técnica para estimar las emisiones de metano en los LEDS (véanse el Capítulo 6, Desechos, de las *Directrices del IPCC*, y el Capítulo 5, Desechos, de *OBP2000*).

El Nivel 2 está dividido en dos partes: el Nivel 2a, que permite estimar la variación del carbono en los PMR respecto de los productos en uso, y el Nivel 2b, que permite estimar la variación del carbono en los PMR existentes en los LEDS (véase la Figura 3a.1.3). El Nivel 2b se omite cuando la variación del carbono en los LEDS no se incluye en la notificación.

El método propuesto para estimar la variación del carbono almacenado en los PMR se basa en la utilización de datos sobre la producción y el comercio internacional de PMR primarios (madera aserrada, tableros y papel). Sólo se utilizan productos primarios, ya que se dispone de datos de prácticamente todos los países. Podrán utilizarse también datos sobre productos secundarios tales como los muebles, si se dispone de ellos, pero hay que tener cuidado para evitar un doble cómputo del carbono en los PMR⁵. Para calcular la variación del depósito de carbono en los PMR durante el año actual se utilizan datos sobre los flujos de entrada y salida durante varios decenios. El flujo de entrada en el depósito de un país se calcula sumando las importaciones a la producción nacional de productos primarios, y restando las exportaciones. Se supone que la salida a partir del depósito o la descomposición es de primer orden. Es decir, cada año se pierde una fracción constante de cada depósito. El depósito de productos primarios abarcará la madera utilizada en todos sus usos finales. Se supondrá que las emisiones están constituidas por el material esencialmente de madera que no se acumula en las reservas de PMR en uso (o en los LEDS) de un país. Estos cálculos son válidos para la Modalidad de variación de reservas, y podrán utilizarse también para calcular los flujos de carbono en la Modalidad de flujo atmosférico. En la Figura 3a.1.3 se representan las Modalidades de variación de reservas y de flujo atmosférico en las situaciones en que se incluyen tanto los productos en uso como los presentes en los LEDS. La Modalidad de producción implica aproximaciones adicionales, ya que, normalmente, sólo una parte del PMR de un país es de origen nacional y, además, los PMR de origen nacional pueden ser exportados (véase la Figura 3a.1.2).

Las ecuaciones del Nivel 2 respecto de esas tres modalidades son las siguientes:

⁵ La utilización de productos de madera constituye una cadena de procesos que conduce desde el carbono presente en los rollizos, pasando por los productos primarios y secundarios, hasta su uso final. Al estimar el flujo de aporte de C al depósito de PMR, puede haber doble cómputo cuando se suman, por ejemplo, el consumo de rollizos y de productos primarios, o de productos primarios y secundarios. En el Nivel 2a propuesto, se supone que el consumo de *productos primarios* constituye el aporte al depósito de PMR.

Nivel 2a: Variación del carbono de los PMR en uso

ECUACIÓN 3a.1.1

VARIACIÓN ANUAL DEL CARBONO EN PMR EN USO, Y EMISIONES DE CO₂ ASOCIADAS

$$(1A) \Delta C_{\text{PMR EU}_{\text{MVR}}} = P_A - P_P$$

$$\text{emisiones/absorciones CO}_2 \text{ MVR} = \Delta C_{\text{PMR EU}_{\text{MVR}}} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$$

(Modalidad de Variación de reservas)

$$(1B) \Delta C_{\text{PMR EU}_{\text{MP}}} = PR_A - PR_P$$

$$\text{emisiones/absorciones CO}_2 \text{ MP} = \Delta C_{\text{PMR EU}_{\text{MP}}} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$$

(Modalidad de producción)

$$(1C) E = -\Delta C_{\text{PMR EU}_{\text{MVR}}} + R - P_{\text{EX}} + P_{\text{IM}} - \text{Des}$$

$$\text{emisiones/absorciones CO}_2 \text{ AFA} = E \bullet 10^{-3} \bullet 44/12$$

(Modalidad de flujo atmosférico)

Nota 1: La cantidad E estimada es el flujo real de C procedente de las reservas de PMR hacia la atmósfera en el interior de las fronteras del país notificante (véanse las Figuras 3a.1.1 y 3a.1.3). Seguidamente, el sector forestal debería notificar el flujo real de carbono procedente de la atmósfera hacia los ecosistemas forestales (INE), o la suma de las variaciones de las reservas en los ecosistemas forestales + R, que se aparta de la práctica de notificación existente, en que sólo se notifican las variaciones de reservas (INE – R).

Nota 2: Cada término contiene un subíndice *t* que representa un año, omitido para simplificar el formato; cada término del miembro derecho de las ecuaciones consta de dos partes como mínimo: una al menos para los productos de madera sólida, y una al menos para los productos de papel.

Nota 3: La variación del carbono en los PMR se estima, por regla general, en toneladas de C año⁻¹ y, a efectos de notificación, es convertida a Gg de CO₂ multiplicando por 10⁻³ • 44/12. Las emisiones se notifican como valores positivos, y las absorciones como valores negativos: de ahí que se multiplique por -1 (véase también la Sección 3.7.1 y el Anexo 3A.2, Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

Donde:

$\Delta C_{\text{PMR EU}_{\text{MVR}}}$ = variación anual del carbono almacenado en los PMR en uso en el país, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{\text{PMR EU}_{\text{MP}}}$ = variación anual del carbono en PMR en uso procedentes de la recolección de madera en el país (incluye el carbono de las exportaciones, y excluye el carbono de las importaciones, en toneladas de C año⁻¹)

E = flujo de carbono de PMR hacia la atmósfera dentro de las fronteras del país notificante, en toneladas de C año⁻¹

R = carbono de madera recolectada en el año actual y sacada de su lugar para procesarla en forma de productos forestales (incluida la leña), en toneladas de C año⁻¹

Des = carbono de PMR absorbido durante el año actual en los LEDS (cuando los PMR de los LEDS se incluyen en la notificación; en caso contrario, Des = 0), en toneladas de C año⁻¹

Cada una de las variables indicadas a continuación consta de al menos dos partes: una, como mínimo, para los productos de madera sólida, y otra, como mínimo, para los productos de papel.

P_A = adiciones durante el año actual de carbono de PMR en uso procedente del consumo nacional, calculadas basándose en el flujo de carbono para los productos primarios, en toneladas de C año⁻¹

Véase en el Cuadro 3a.1.1 información sobre los datos correspondientes a esos valores, en toneladas de C año⁻¹

P_P = pérdida durante el año actual de carbono de PMR procedente de sus usos (iniciados en el año actual o en años anteriores), en toneladas de C año⁻¹

PR_A = adiciones durante el año actual al carbono de PMR procedente de la madera recolectada en el país, calculadas basándose en el flujo de carbono para los productos primarios, en toneladas de C año⁻¹

Véase en el Cuadro 3a.1.1 información sobre los datos y la manera de calcular PR_A , en toneladas de C año⁻¹

PR_p = pérdida durante el año actual de carbono de PMR en uso (iniciado en el año actual o en años anteriores) procedente de la madera recolectada en el país, en toneladas de C año⁻¹

P_{EX} = exportaciones de productos de madera y de papel, en forma de rollizos, astillas, residuos, pulpa, y papel recuperado (reciclado), en toneladas de C año⁻¹

P_{IM} = importaciones de productos de madera y de papel, en forma de rollizos, astillas, residuos, pulpa, y papel recuperado (reciclado), en toneladas de C año⁻¹.

El procedimiento para calcular $\Delta C_{PMR\ EU\ MVR}$ y $\Delta C_{PMR\ EU\ MP}$ se basa en un proceso recursivo indicado a continuación, y no en el cálculo de las pérdidas derivadas del uso de PMR, P_p o PR_p , respecto del año actual directamente.

A contar, por ejemplo, desde j = año 1900, calcular recursivamente la ecuación siguiente⁶ para cada año hasta el año actual t .

$$C_{PMR\ EU\ MVR}(j) = (1 / (1 + f_D)) \bullet (P_{A_j} + C_{PMR\ EU\ MVR}(j - 1)) \quad (\text{Modalidad de variación de reservas})$$

O bien:

$$C_{PMR\ EU\ MP}(j) = (1 / (1 + f_{RD})) \bullet (P_{A_j} + C_{PMR\ EU\ MP}(j - 1)) \quad (\text{Modalidad de producción})$$

Para el año inicial, por ejemplo $j = 1900$, el valor de $C_{PMR\ EU\ MVR} = 0$ o bien $C_{PMR\ EU\ MP} = 0$

Para el año actual se calculará:

$$\Delta C_{PMR\ EU\ MVR}(t) = C_{PMR\ EU\ MVR}(t) - C_{PMR\ EU\ MVR}(t - 1) \quad (\text{Modalidad de variación de reservas})$$

O bien :

$$\Delta C_{PMR\ EU\ MP}(t) = C_{PMR\ EU\ MP}(t) - C_{PMR\ EU\ MP}(t - 1) \quad (\text{Modalidad de producción})$$

Donde:

$\Delta C_{PMR\ EU\ MVR}$ = variación anual del carbono almacenado en PMR en uso en el país, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PMR\ EU\ MP}$ = variación anual del carbono en PMR en uso procedente de la madera recolectada en el país (incluye el carbono de las exportaciones, y excluye el carbono de las importaciones), en toneladas de C año⁻¹

P_A = adiciones durante el año actual al carbono de PMR en uso procedente del consumo nacional, calculadas basándose en el flujo de carbono para los productos primarios, en toneladas de C año⁻¹

t = año actual

j = año de los datos, a partir, por ejemplo, de 1900, que constituye un período suficientemente largo para que la descomposición actual sea muy pequeña respecto de los PMR comenzados a utilizar en años anteriores

f_D = fracción de carbono de PMR en uso en un país y en un año dado que se desecha en ese mismo año (los productos desechados incluyen los reciclados)

f_{RD} = fracción de carbono de PMR en uso en un país durante un año dado (incluye las exportaciones) que se desecha en ese mismo año (los productos desechados incluyen los reciclados).

⁶ Esta fórmula recursiva, utilizada en la Modalidad de variación de reservas, es equivalente a la ecuación $(C_{PMR\ EU\ MVR}(j) - C_{PMR\ EU\ MVR}(j - 1)) / \Delta t = P_{A_j} - f_D \bullet C_{PMR\ EU\ MVR}(j)$, donde Δt es 1 año.

Este método de Euler implícito (véase Burden y Faires, 2001) se utiliza como aproximación de una tasa de descomposición constante a partir de un depósito de PMR especificado por la ecuación diferencial $dC_{PMR\ EU\ MVR}/dt = P_A - f_D \bullet C_{PMR\ EU\ MVR}$.

CUADRO 3a.1.1			
DATOS DE LA FAO, Y FACTORES PARA LA ESTIMACIÓN DE P_A Y DE PR_A (NIVEL 2) MEDIANTE LA ECUACIÓN 3a.1.1			
Datos de la FAO sobre productos (los datos sobre los productos de madera sólida están expresados en m³; los productos de pulpa de papel y de papel están expresados en Gg)	Factores de conversión por defecto (Gg de producto secado en horno por m³ de Gg de producto)	Período de los datos	Variables de la ecuación (véanse las notas al pie)
Datos sobre la recolección de rollizos			
Recolección de rollizos (coníferas)	0,45 (Gg/ m ³)	1961-2000	H
Recolección de rollizos (no coníferas)	0,56 (Gg/ m ³)		
Datos sobre los productos de madera sólida			
Madera aserrada (coníferas)	0,45 (Gg/ m ³)	1961-2000	P _{PN} (madera sólida)
Madera aserrada (no coníferas)	0,56 (Gg/ m ³)		
Hojas de enchapado	0,59 (Gg/ m ³)	1961-1994	P _{IM} (madera sólida)
Madera contrachapada	0,48 (Gg/ m ³)		
Tablero aglomerado	0,26 (Gg/ m ³)		
Tablero de fibra comprimido	1,02 (Gg/ m ³)	1995-2000	P _{EX} (madera sólida)
Cartón	1,02 (Gg/ m ³)		
Fibra de densidad media	0,50 (Gg/ m ³)		
Datos sobre pulpa de papel, papel y cartón de papel			
Papel y cartón	0,9 (Gg/ Gg)	1961-2000	P _{PN} (papel) P _{IM} (papel) P _{EX} (papel)
Papel recuperado (Valores fijados a cero entre 1900 y 1969)	0,9 (Gg/ Gg)	1970-2000	PR IM (PR) EX (PR)
Pulpa de madera	0,9 (Gg/ Gg)	1961-2000	PM IM (PM) EX (PM)
Pulpa de fibra recuperada	0,9 (Gg/ Gg)	1998-2000	IM (PFR) EX (PFR)
Otras pulpas de fibra	0,9 (Gg/ Gg)	1961-2000	OPF IM (OPF) EX (OPF)
Datos sobre rollizos industriales			
Rollizos industriales (coníferas)	0,49 Gg/ m ³	1961-2000	RI
Rollizos industriales (no coníferas)	0,56 Gg/ m ³		
Rollizos industriales (coníferas)	0,49 Gg/ m ³	1990-2000	IM (RI) EX (RI)
Rollizos industriales (no coníferas)	0,56 Gg/ m ³		
Fuentes: En relación con los datos de la FAO, véase: http://apps.fao.org/page/collections?subset=forestry			
Fuente de los factores de conversión: Factores para la madera sólida (Haynes <i>et al.</i> 1990, Cuadros B-7 y B-6)			
NOTAS:			
Factores para el papel y la pulpa: Se supone que una tonelada de papel o de pulpa secada al aire contiene 0,9 toneladas de papel o de pulpa secada al horno.			
Las ecuaciones siguientes indican la manera de calcular P _A y PR _A para la Ecuación 3a.1.1, utilizando datos de la FAO.			
P _A (madera sólida) es la suma de los productos de madera sólida producidos; P _A (papel) es la suma de los productos de papel producidos.			
P _A (madera sólida) = P _{PN} (madera sólida) + P _{IM} (madera sólida) - P _{EX} (madera sólida)			
P _A (papel) = [P _{PN} (papel) + P _{IM} (papel) - P _{EX} (papel)] • PM _{proporción}			
Donde PM _{proporción} es la fracción del total de pulpa que es pulpa de madera (excluyendo otras pulpas de fibra).			
PM _{proporción} = [(PM + IM (PM) - EX (PM)) / ((PM + IM (PM) - EX (PM)) + (OPF + IM (OPF) - EX (OPF)))]			
PR _A (madera sólida) = P _A (madera sólida) • RI / (RI + IM (RI) - EX (RI))			
PR _A (papel) = [(P _A (papel) + EX (PM) - IM (PM)) • PM _{proporción} + EX (PR) - IM (PR) + EX (PFR) - IM (PFR)] • IRI / (IRI + IM (RI) - EX (RI))			
Para convertir toneladas de producto seco P _A y PR _A en toneladas de carbono, se multiplica por 0,5 (toneladas de carbono/toneladas de producto).			

Nivel 2b: Variación del carbono de PMR en lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS)

Si se incluye en la notificación, la variación de las reservas en PMR de los LEDS puede calcularse de manera análoga a los PMR en uso:

ECUACIÓN 3a.1.2

VARIACIÓN ANUAL DEL CARBONO DE PMR EN LOS LEDS Y EMISIONES DE CO₂ ASOCIADAS

(2A) $\Delta C_{PMR M_{MVR}} = Des_{AP} + Des_{AD} - Des_p$
 emisiones/absorciones de CO₂ MVR = $\Delta C_{PMR Des_{MVR}} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$
 (Modalidad de variación de reservas)

(2B) $\Delta C_{PMR M_{MP}} = MR_{AP} + MR_{AD} - MR_p$
 emisiones/absorciones de CO₂ MP = $\Delta C_{PMR M_{MP}} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12 \bullet (-1)$
 (Modalidad de producción)

(2C) $\Delta C_{PMR Des_{MFA}} = Des_{AP} + Des_{AD} - \Delta C_{PMR Des_{MVR}} = Des_p$
 emisiones/absorciones de CO₂ MFA = $\Delta C_{PMR Des_{MFA}} \bullet 10^{-3} \bullet 44/12$
 (Modalidad de flujo atmosférico)

Nota 1: Cada término contiene un subíndice que representa un año, omitido para simplificar el formato.

Nota 2: Cada término del miembro derecho de las ecuaciones contiene al menos dos partes: una como mínimo para los productos de madera sólida, y una como mínimo para los productos de papel.

Donde:

$\Delta C_{PMR Des_{MVR}}$ = variación anual del carbono almacenado en PMR de los LEDS en el país, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PMR Des_{MP}}$ = variación anual del carbono de PMR en los LEDS procedente de la madera recolectada en el país (incluye el carbono de las exportaciones, y excluye el de las importaciones), en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PMR Des_{MFA}}$ = emisiones de carbono procedentes de PMR en los LEDS, en toneladas de C año⁻¹

Cada una de las variables indicadas a continuación contiene al menos dos partes: una como mínimo para los productos de madera sólida, y una como mínimo para los productos de papel.

Des_{AP} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono en PMR a los LEDS que son permanentes (sin descomposición)⁷, en toneladas de C año⁻¹

Des_{AD} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono de PMR a los LEDS que se descompone a lo largo del tiempo (obsérvese que $Des_{AP} + Des_{AD} = Des$ en el Nivel 2a), en toneladas de C año⁻¹

Des_p = pérdida de carbono en PMR procedente de los LEDS (depositado en ellos en el año actual o anteriores)

MR_{AP} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono de PMR a los LEDS que son permanentes (sin descomposición) (procedente de madera recolectada en el país), en toneladas de C año⁻¹

MR_{AD} = cantidad de adiciones durante el año actual de carbono de PMR a los LEDS que se descompone a lo largo del tiempo (procedente de madera recolectada en el país), en toneladas de C año⁻¹

MR_p = pérdida de carbono de PMR procedente de los LEDS (depositados en ellos en el año actual o en años anteriores) (procedente de madera recolectada en el país), en toneladas de C año⁻¹

No se ofrecen aquí ecuaciones ni datos detallados para estimar el almacenamiento en los LEDS, ya que es necesario desarrollar más a fondo los datos y métodos por defecto, y para ello es necesaria la coordinación con

⁷ Sólo se descompone una parte del carbono orgánico degradable de los LEDS, como se indica en las *Directrices del IPCC* con respecto al sector de desechos (véase la variable DOC_F en las *Directrices del IPCC*, Manual de referencia, página 6.5).

las orientaciones indicadas en relación con el sector de desechos sobre la manera de calcular las emisiones procedentes de los LEDS.

En términos generales, para estimar el almacenamiento de carbono en PMR de los LEDS se necesitan datos sobre:

- i) La fracción de carbono en PMR que es desechado y se incorpora a los LEDS cada año;
- ii) La fracción de carbono en PMR que se incorpora a los LEDS y que pasa a condiciones anaeróbicas (en comparación con las condiciones aeróbicas);
- iii) La fracción de carbono en PMR que pasa a condiciones anaeróbicas en los LEDS y se descompone (una parte no se descompone, como se indica en las orientaciones sobre buenas prácticas con respecto al sector de desechos (*OBP2000*));
- iv) La tasa de degradación de la parte de carbono de PMR (en condiciones anaeróbicas) que sí se descompone; y
- v) La tasa de degradación del carbono de PMR en condiciones aeróbicas.

Se encontrará información sobre los datos por defecto respecto de los apartados ii) a v) *supra* en las orientaciones sobre buenas prácticas para el sector de desechos (*OBP2000*). Para el apartado i) se necesitan datos específicos del país: la fracción de carbono en PMR desechados que pasan a los LEDS cada año.

Nivel 3: Métodos adaptados al país

ECUACIÓN 3a.1.3

VARIACIÓN ANUAL DEL CARBONO EN PMR (EJEMPLO DE MÉTODO ADAPTADO AL PAÍS)

(3A) $\Delta C_{PMR\ EDIF\ MVR} = (S_{EDIF\ t} \bullet f_{C\ EDIF\ t}) - (S_{EDIF\ t-1} \bullet f_{C\ EDIF\ t-1})$
 (Modalidad de variación de reservas)

(3B) $\Delta C_{PMR\ Des\ MVR} = (V_{PMR\ LEDS\ t} \bullet f_{C\ LEDS\ t}) - (V_{PMR\ LEDS\ t-1} \bullet f_{C\ LEDS\ t-1})$
 (Modalidad de variación de reservas)

Donde:

$\Delta C_{PMR\ EDIF\ MVR}$ = variación anual del carbono en PMR contenido en edificios, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{PMR\ Des\ MVR}$ = variación anual del carbono en PMR contenido en los LEDS, en toneladas de C año⁻¹

S_{EDIF} = superficie de suelo de los edificios, en m²

$f_{C\ EDIF}$ = carbono en PMR en los edificios por unidad de superficie de suelo, en toneladas de C m⁻²

$V_{PMR\ LEDS}$ = volumen de desechos de PMR en lugares de eliminación, en m³

$f_{C\ LEDS}$ = carbono en PMR en los LEDS por unidad de volumen de LEDS, en toneladas de C m⁻³

Fuentes de datos para el Nivel 2

En los incisos siguientes se resume el procedimiento para obtener los datos necesarios para los cálculos del Nivel 2, y se indican valores por defecto disponibles en muchos casos.

Los datos de las variables P_A (carbono de PMR consumidos en un país) y PR_A (carbono en PMR producidos por un país) son los siguientes:

- Pueden obtenerse datos por defecto con respecto a la producción, importación y exportación de PMR en la base de datos FAOSTAT sobre silvicultura de las Naciones Unidas, que contabiliza a partir de 1961⁸ (véase el Cuadro 3a.1.1). Para los productos de madera sólida y papel es necesario calcular por separado los valores de P_A tal como se indica en las notas del Cuadro 3a.1.1, a fin de incorporar diferentes períodos de uso y de eliminación.
- En el Cuadro 3a.1.1 se ofrecen datos para convertir unidades de producto de madera sólida en contenido de carbono.
- Los datos anteriores a 1961 pueden estimarse utilizando una tendencia de crecimiento a partir de 1900.

Para cada producto forestal del Cuadro 3a.1.1, los valores anteriores a 1961 pueden estimarse mediante la ecuación siguiente:

⁸ Véase <http://apps.fao.org/page/collections?subset=forestry>

ECUACIÓN 3a.1.4
ECUACIÓN PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN Y EL COMERCIO EN LOS AÑOS ANTERIORES A 1961

$$V_t = V_{1961} \bullet e^{(r \bullet (t-1961))}$$

Donde V es el valor del producto forestal en cuestión, t es un año anterior a 1961, y r es la tasa de crecimiento estimada anterior a 1961. Los valores de crecimiento por defecto de r entre 1900 y 1961 se indican en las columnas 7 y 8 del Cuadro 3a.1.2.

- Véanse en el Cuadro 3a.1.1 los factores aplicables para convertir unidades de volumen o de peso de producto en toneladas de carbono.

Datos con respecto a los parámetros f_D y fH_D (fracción de carbono de PMR cuyo uso ha comenzado en el año t y que deja de utilizarse cada año)

- Para los productos de madera sólida y de papel se necesitan valores de f_D y fH_D por separado.
- Los valores medios f_D y fH_D respecto de los productos de madera sólida podrían consistir en la media ponderada de f_D y fH_D con respecto a la leña, los tableros y otros rollizos industriales.
- La media de fH_D sería una media ponderada de f_D (para el propio país) y para los países en que se utilizan exportaciones que posteriormente se desechan. Las ponderaciones consistirían en la parte de PR_{A_t} que procede de usos nacionales y la parte de PR_{A_t} que se exporta. Como punto de partida, podría suponerse que f_D es igual a fH_D .
- Los valores de f_D y fH_D pueden obtenerse también de estimaciones de la mitad de vida de los productos en uso o de la vida media de un producto. La mitad de vida es el número de años que transcurren hasta que la mitad de los productos han dejado de usarse. La vida media es el número medio de años durante los que se usa un producto.

$$f_D = \ln 2 / (\text{mitad de vida, en años}) = 0,693 / (\text{mitad de vida, en años})$$

$$f_D = 1 / (\text{vida media, en años})$$

$$\text{vida media, en años} = 1 / f_D$$

- Los valores de mitad de vida de diversos productos utilizados en estudios recientes, incluidos los valores por defecto sugeridos, se indican en el Cuadro 3a.1.3. Cada país tendrá que determinar los valores apropiados para sí mismo.

3a.1.2 Exhaustividad

Los métodos del Nivel 2 abarcan todos los productos primarios de madera y papel. De ese modo, incluyen el carbono contenido en todos los productos de madera secundarios derivados de los primarios. Sin embargo, tales métodos no contemplan el efecto de las importaciones y exportaciones de productos secundarios de madera, como los muebles o los productos de artesanía de madera, sobre la variación de las reservas de carbono. Podría ser necesario adaptar algunos métodos para incluir las importaciones y exportaciones de productos de madera secundarios cuando PMR sea una categoría esencial y las cantidades de productos de madera secundarios compradas o vendidas sean apreciables en comparación con las cantidades de productos primarios producidos o consumidos. El método del Nivel 2 omite también estimaciones de la cantidad de madera de desecho que procede de madera primaria o secundaria y de industrias papeleras y que va a parar directamente a los LEDS. Si esas cantidades fueran importantes, podría ser necesario realizar estimaciones directas por separado para esos flujos de desechos de madera hacia los LEDS.

3a.1.3 Evaluación de la incertidumbre

El Cuadro 3a.1.4 contiene estimaciones de incertidumbre respecto de las variables y parámetros del Nivel 2. Tales estimaciones están basadas en estudios publicados y en el dictamen de expertos. Cuando se utilicen valores de ámbito nacional para las variables y parámetros, las incertidumbres deberían evaluarse de conformidad con las orientaciones de la Sección 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres) de esta publicación.

Las únicas estimaciones de incertidumbre sólidas de que probablemente se disponga son las vinculadas a las encuestas nacionales de producción y comercio de madera y papel. En estos casos, el error puede ser relativamente bajo.

En el Nivel 2, el efecto de la incertidumbre sobre la producción y el comercio varios decenios antes es relativamente menor si la mitad de vida de los productos en uso y de los LEDS es relativamente corta. Esto significa que, cuanto más largo sea el período de uso, más importante será utilizar datos específicos del país sobre la producción y el comercio antes de 1961. La incertidumbre de las estimaciones del Nivel 2 podría ser alta, particularmente si la incertidumbre específica del país es grande en las estimaciones a lo largo del tiempo en: 1) la fracción de madera y papel desechados que van a parar a los LEDS; y 2) la proporción de productos de los LEDS que se descomponen en condiciones anaeróbicas. A causa de esas incertidumbres, en el Nivel 3 sería deseable utilizar, si fuera posible, inventarios de encuestas a nivel nacional sobre la madera almacenada en las reservas, por ejemplo en las viviendas. Tales encuestas pueden conllevar incertidumbres relativamente bajas. Para estimar las incertidumbres asociadas específicamente a la Modalidad de producción habría que estimar la incertidumbre asociada a la descomposición de productos exportados a otros países. En conjunto, las incertidumbres respecto de los Niveles 2 ó 3 pueden estimarse utilizando los métodos del Nivel 3 (Monte Carlo) examinados en la Sección 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres). Habrá que seguir trabajando con el fin de especificar un método más simple para evaluar las incertidumbres; es decir, las ecuaciones en que podrían utilizarse las incertidumbres del Cuadro 3a.1.4 directamente para estimar la incertidumbre total, en lugar de utilizar el método de simulación de Monte Carlo. La utilización de métodos del Nivel 2 con datos por defecto, es decir, sin datos específicos del país, arrojará estimaciones con una incertidumbre probablemente no inferior a $\pm 50\%$.

CUADRO 3a.1.2 TASAS ANUALES DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE ROLLIZOS INDUSTRIALES (RECOLECCIÓN) POR REGIONES DEL MUNDO, PARA DETERMINADOS PERÍODOS ENTRE 1900 Y 1961. (Las columnas 7 y 8 representan tasas que podrán utilizarse para proyectar datos sobre la producción y el comercio de productos de madera y papel en períodos anteriores a 1961 mediante la Ecuación 3A.1.4)								
Región del mundo	Rollizos industriales	Población	Rollizos industriales	Población	Rollizos industriales	Rollizos industriales	Rollizos industriales	Rollizos industriales
	Producción		Producción por habitante		Producción, con la producción por habitante fijada al nivel de 1950	Producción, con la producción por habitante disminuyendo al ritmo de 1950 a 1975	Producción, con la producción por habitante fijada al nivel de 1950 antes de 1950	Producción, con la producción por habitante disminuyendo al ritmo de 1950 a 1975
	(1950-1961)	(1950-1961)	(1950-1975)	(1900-1950)	(1900-1950)	(1900-1950)	(1900-1961)	(1900-1961)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)	(6)=(3)+(4)	(7) véase la nota	(8) véase la nota
Total mundial	0,0326	0,0182	0,0049	0,0085	0,0182	0,0134	0,0208	0,0169
Europa	0,0296	0,0080	0,012	0,0059	0,0080	0,0179	0,0119	0,0200
URSS	0,0412	0,0173	0,0087	0,0061	0,0173	0,0148	0,0216	0,0196
América del Norte	0,0085	0,0170	0,0016	0,0148	0,0170	0,0164	0,0155	0,0150
América Latina	0,0359	0,0268	0,0054	0,0163	0,0268	0,0217	0,0285	0,0243
África	0,0548	0,0226	0,0255	0,0102	0,0226	0,0357	0,0284	0,0391
Asia	0,0492	0,0193	0,0155	0,0078	0,0193	0,0233	0,0247	0,0280
Oceanía	0,0412	0,0193	0,0074	0,0155	0,0193	0,0229	0,0233	0,0262
Nota: La Columna 7 es $\ln(\text{EXP}(\text{col } 5 \cdot 50) \cdot \text{EXP}(\text{col } 1 \cdot 11)) / 61$ Nota: La Columna 8 es $\ln(\text{EXP}(\text{col } 6 \cdot 50) \cdot \text{EXP}(\text{col } 1 \cdot 11)) / 61$ Fuentes de datos: Columna 1 -- 1950-53: (FAO 1957), 1954-1960: (FAO 1965), 1961: (FAO 2002a) Columna 2 – 1950-1960: (Naciones Unidas, Div. Pob., 1998), 1961: (FAO 2002b) Columna 3 – Rollizos industriales - 1950-53: (FAO 1957), 1954-1960: (FAO 1965), 1961-1975: (FAO 2002a) Población – 1950-1960: (Naciones Unidas, Div. Pob., 1998), 1961-1975: (FAO 2002b) Columna 4 – 1900-1950: (Naciones Unidas, Div. Pob., 1999)								

Cuadro 3a.1.3				
MITAD DE VIDA DE LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA EN USO – EJEMPLOS OBTENIDOS DE ESTUDIOS				
País/ region	Referencia	Categoría de PMR	Mitad de vida en uso (años)	Pérdida fraccional anual ($f_{D,j}$) ($\ln(2) / \text{Mitad de vida, en años}$)
Valores por defecto		Madera de aserrar	35	0,0198
		Chapa, madera contrachapada y tableros estructurales	30	0,0231
		Tableros no estructurales	20	0,0347
		Papel	2	0,3466
Finlandia	Pingoud <i>et al.</i> 2001	Madera de aserrar y contrachapada (basado en el cambio de inventario de productos)	30	0,0231
Finlandia	Karjalainen <i>et al.</i> 1994	Madera de aserrar y contrachapada, promedio	50	0,0139
		Papel de pulpa mecánica, promedio	7	0,0990
		Papel de pulpa química, promedio	5,3	0,1308
Finlandia	Pingoud <i>et al.</i> 1996	Promedio de papel	1,8	0,3851
		Papel de periódicos, de hogar, sanitario	0,5	1,3863
		Papel de embalar y para cajas de cartón	1	0,6931
		80 % del papel de impresora y para escribir	1	0,6931
		20% del papel de impresora y para escribir	10	0,0693
Países Bajos	Nabuurs 1996	Papel	2	0,3466
		Madera de embalaje	3	0,2310
		Tablero aglomerado	20	0,0347
		Madera de aserrar, promedio	35	0,0198
		Madera de aserrar – píceas y Alamo	18	0,0385
		Madera de aserrar – roble y haya	45	0,0154
Estados Unidos	Skog and Nicholson 2000	Madera de aserrar	40	0,0173
		Tableros estructurales	45	0,0154
		Tableros no estructurales	23	0,0301
		Papel (hojas libres)	6	0,1155
		Otros tipos de papel	1	0,6931

Nota: Se recomienda que al utilizar estos valores de vida media estimados se verifiquen también las correspondientes estimaciones de la variación de reservas como se indica, por ejemplo, en la Sección 3a.1.5. Al hacerlo, podría ser necesario reajustar las vidas medias.

CUADRO 3a.1.4			
PARÁMETROS Y ESTIMACIONES DE INCERTIDUMBRE ASOCIADAS A LOS VALORES POR DEFECTO DEL NIVEL 2 PARA ESTIMAR LA VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN PMR EN USO			
Descripción del parámetro	Parámetro	Valores	Intervalo de incertidumbre
Recolección de rollizos (madera recolectada y retirada del lugar, para productos tales como la leña)	R	Cuadro 3a.1.1	Específico del país para los datos de la FAO
Producción, importación y exportación de PMR – datos de la FAO	P_{PN}, P_{IM}, P_{EX} PM, IM(PM), EX (PM) OPF, IM(OPF), EX(OPF) PR, IM(PR), EX(PR) IM(PFR), EX(PFR) Cantidad de productos producidos, importados y exportados	Cuadro 3a.1.1	Específico del país para los datos de la FAO Producción y comercio – para países con censos o encuestas sistemáticos - $\pm 15\%$ desde 1961 Producción y comercio – para países sin censos o encuestas sistemáticos $\pm 50\%$ desde 1961
Volumen de producto/Peso de producto	P	Cuadro 3a.1.1	$\pm 15\%$
Peso de producto en horno seco/Peso de carbono	C	0,5 (Cuadro 3a.1.1)	$\pm 10\%$
Tasa de crecimiento de la producción, de las importaciones y de las exportaciones antes del primer año de datos de la FAO	r (en la Ecuación 3a.1.4)	Cuadro 3a.1.2, columnas 7 y 8	Tasa de aumento de la producción antes de 1961 $\pm 15\%$ para una región, mayor para un país perteneciente a una región. Tasa de aumento del comercio antes de 1961 $\pm 50\%$ para una región, mayor para un país perteneciente a una región
Fracción de productos de madera sólida desechados cada año	f_D (madera sólida) fH_D (madera sólida)	Cuadro 3a.1.3	Mitad de vida, en años = $(0,693 / f_D)$ (madera sólida) Incertidumbre de la mitad de vida = $\pm 50\%$ La incertidumbre es mayor para fH_D en función del tamaño y del destino de las exportaciones
Fracción de productos de papel desechados cada año	f_D (papel) fH_D (papel)	Cuadro 3a.1.3	Mitad de vida, en años = $(0,693 / f_D)$ (papel) Incertidumbre de la mitad de vida = $\pm 50\%$ La incertidumbre es mayor para fH_D en función del tamaño y del destino de las exportaciones

3a.1.4 Presentación de informes y Documentación

Se sugiere documentar y archivar toda la información utilizada para producir estimaciones nacionales de la variación de las reservas. Se incluyen, en particular, los datos y parámetros utilizados sobre la producción de madera y de papel. Debería documentarse la variación de los parámetros para efectuar estimaciones de la variación de las reservas entre un año y el siguiente. El informe del inventario nacional debería contener resúmenes de los métodos utilizados y referencias a los datos de las fuentes, con objeto de conocer las etapas seguidas para realizar las estimaciones.

3a.1.5 Garantía de la calidad/Control de la calidad del inventario

Con independencia de que los PMR sean o no una categoría esencial, se sugiere realizar verificaciones de control de calidad como se indica en la Sección 5.5 (Garantía de la calidad y control de la calidad) para los datos y parámetros utilizados con arreglo al método seleccionado. Si PMR es una categoría esencial, se sugiere realizar comprobaciones adicionales de control de calidad en el Nivel 2 con arreglo a la Sección 5.5, y particularmente el desarrollo y revisión por expertos de los datos y parámetros, y desarrollar, conforme sea necesario, estimaciones de ámbito nacional de datos y parámetros utilizando fuentes de datos nacionales utilizando el dictamen de expertos conforme se indica en la Sección 6.2.5, Dictamen de expertos (*OBP2000*).

Como ayuda para el control de la calidad cuando se utiliza el Nivel 2, se sugiere (a fin de verificar las estimaciones de las reservas o de la variación de las reservas) estimar por separado el almacenamiento de carbono total o la variación anual para determinados grupos de productos, por ejemplo tablas o tableros de los edificios. Las tablas y los tableros de los edificios constituirían una parte del total de madera utilizado. Podría aplicarse el Nivel 2 para estimar la cantidad total de madera en tablas y tableros en los edificios, o la variación de la madera en tablas y tableros almacenada en un año reciente. Se necesitaría una estimación de la parte de madera y tableros utilizada en los edificios a lo largo del tiempo. Tales estimaciones podrían compararse con otras estimaciones de la madera de los edificios o con la variación de la madera de los edificios, como se indica a continuación. La cantidad total actual de madera y de tableros en los edificios podría calcularse multiplicando los metros cuadrados de superficie de suelo de los edificios por el contenido de tablas por metro cuadrado. La variación de la madera en tablas de los edificios podría calcularse multiplicando los metros cuadrados de edificio construido en un año dado por el contenido de tablas por metro cuadrado.

Otra sugerencia, si se utiliza el Nivel 2, para ayudar a verificar la vida media de los edificios, se puede utilizar información histórica sobre el número y edad de los edificios a lo largo del tiempo. Serían necesarios datos sobre el número de edificios de una edad (o tramo de edades) dada en determinada fecha del pasado, y el número de esos edificios que siguen en pie en fechas más recientes. Tales cifras podrían utilizarse para estimar la pérdida fraccional de edificios por año. La pérdida porcentual anual podría utilizarse para estimar un valor de mitad de vida. Véase en el Cuadro 3a.1.3 la relación entre la mitad de vida y la pérdida fraccional anual, en el supuesto de que la fracción perdida cada año sea constante).

Apéndice 3a.2 Emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes del drenaje y de la rehumidificación de los suelos forestales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

3a.2.1 Introducción

El drenaje y la rehumidificación de los suelos orgánicos y de los suelos minerales húmedos con elevado contenido de carbono orgánico influyen en las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero, como consecuencia de lo cual el CO₂ resulta muy afectado. Los métodos para determinar los cambios que se producen en las emisiones y absorciones de CO₂ en estas tierras se tratan en las Secciones 3.2 a 3.5, relativas a los suelos orgánicos.

Además, los suelos muy drenados producen grandes emisiones de N₂O porque con el drenaje aumenta la capa aireada y se intensifica la mineralización de la materia orgánica del suelo. En cambio, los suelos orgánicos no gestionados constituyen fuentes o sumideros naturales muy pequeños de N₂O (Regina *et al.*, 1996). El efecto del drenaje sobre las emisiones de N₂O depende de las propiedades del suelo; las emisiones más altas están asociadas a tipos de turba minerotrófica (rica en nutrientes) y las emisiones más bajas a tipos de turba ombrotrófica (pobre en nutrientes) (Regina *et al.*, 1996). Como los datos de que se dispone sobre emisiones de N₂O procedentes de suelos orgánicos drenados y suelos minerales húmedos son relativamente escasos y variables, los métodos a que se hace referencia en este apéndice no son muy fiables.

Las metodologías que se mencionan a continuación para las emisiones de N₂O se centran en tierras forestales que no se abordan en las *Directrices del IPCC*. Las emisiones de N₂O de suelos de tierras agrícolas y praderas drenadas se tratan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y de *OBP 2000*. Teniendo en cuenta los datos de que se dispone y el grado actual de conocimientos sobre esta materia, se puede utilizar el mismo método para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y para las tierras convertidas en tierras forestales.

Si se rehumedece el suelo orgánico se reducirán las emisiones de N₂O hasta llegar al nivel original cercano a cero.

El CH₄ emitido por suelos orgánicos no drenados es un proceso natural, y las emisiones son muy variables. Con el drenaje de los suelos orgánicos se reducen estas emisiones e incluso se puede convertir la zona en un pequeño sumidero de CH₄ (véanse las *Directrices del IPCC*, Manual de referencia, Sección 5.4.3, drenaje de humedades). Si bien ni en las *Directrices del IPCC* ni en esta publicación se mencionan métodos para estimar el efecto del drenaje o de la rehumidificación de bosques y humedales en las emisiones de CH₄, puesto que no se dispone de muchos datos, dicho efecto puede alcanzar una magnitud considerable en términos de emisiones de equivalentes de CO₂ cuando las zonas con grandes emisiones de CH₄ están muy drenadas. Sin embargo, el efecto del drenaje sobre las emisiones de CH₄ puede ser reducido cuando a) el nivel de emisiones naturales de CH₄ es bajo, b) se mantiene una capa freática poco profunda, o c) las emisiones de CH₄ procedentes del drenaje de acequias compensan el sumidero de CH₄ en las zonas drenadas. En este apéndice se aplica el valor por defecto de 0 emisiones de CH₄, una vez realizado el drenaje (Laine *et al.*, 1996; Roulet y Moore, 1995).

Las emisiones de CH₄ pueden aumentar en suelos orgánicos rehumedecidos. La "rehumidificación" consiste en que la capa freática vuelva a los niveles anteriores al drenaje. Cuando un país rehumedece los suelos orgánicos se considera que estos suelos han sido gestionados. En tal caso, los efectos del drenaje o de la rehumidificación pueden notificarse basándose en los datos específicos del país. Según la documentación existente, y como primera aproximación, se calcula que el CH₄ producido por los suelos orgánicos rehumedecidos cubiertos de bosque varía entre 0 y 60 kg CH₄ ha⁻¹/año⁻¹ en zonas con clima templado y boreal, y entre 280 y 1.260 kg CH₄ ha⁻¹/año⁻¹ en zonas con clima tropical (Bartlett y Harris, 1993). Según muestran algunos indicios, las emisiones de CH₄ pueden ser aún más reducidas en turberas rehumedecidas que en tierras vírgenes (Komulainen *et al.* 1998, Tuittila *et al.* 2000). Actualmente no se puede dar ninguna orientación sobre buenas prácticas para las emisiones de CH₄ procedentes de la rehumidificación de suelos orgánicos.

3a.2.2 Cuestiones metodológicas

3a.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Se aplica el mismo método para las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (TFTF) y para las tierras convertidas en tierras forestales (TTF). Los árboles de decisiones que se presentan en la Sección 3.1 (Figura 3.1.1 Árbol de decisiones para identificar el nivel meteorológico apropiado de las tierras que se mantienen en la misma categoría de uso), y Figura 3.1.2 (Árbol de decisiones de identificar el nivel meteorológico apropiado de las tierras que se convierten en otra categoría de uso) pueden utilizarse para identificar el nivel apropiado de las estimaciones de N₂O teniendo en cuenta los datos de que se dispone. Las emisiones de N₂O procedentes del drenaje y de la rehumidificación de suelos forestales contribuyen a la subcategoría "suelos" en los árboles de decisiones.

En la Ecuación 3a.2.1 se muestra el método básico para estimar las emisiones directas de N₂O producidas por suelos orgánicos forestales drenados. Se estima que las emisiones N₂O procedentes de la rehumidificación de suelos orgánicos forestales rehumedecidos se sitúan en un nivel natural, y el valor por defecto se establece en cero. La ecuación puede aplicarse a distintos niveles de desglose según los datos disponibles, en particular con respecto a los factores de emisión propios del país.

ECUACIÓN 3a.2.1

EMISIONES DIRECTAS DE N₂O PROCEDENTES DE SUELOS FORESTALES DRENADOS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O}_{\text{TFTF}} = \sum (S_{\text{TFTF}_{\text{orgánicos } ijk}} \bullet \text{FE}_{\text{TFTF}_{\text{drenaje, orgánicos } ijk}}) + S_{\text{TFTF}_{\text{minerales}}} \bullet \text{FE}_{\text{TFTF}_{\text{drenaje, mineral}}} \bullet 44/28 \bullet 10^{-6}$$

Donde:

- Emisiones de N₂O_{TFTF} = emisión de N₂O en unidades de nitrógeno, kg N
- S_{TFTF_{orgánico}} = superficie de suelos orgánicos forestales drenados, ha
- S_{TFTF_{mineral}} = superficie de suelos minerales forestales drenados, ha
- FE_{TFTF_{drenaje, orgánicos}} = factor de emisión en suelos orgánicos forestales drenados, kg de N de N₂O ha⁻¹/año⁻¹
- FE_{TFTF_{drenaje, minerales}} = factor de emisión en suelos minerales forestales drenados, kg de N de N₂O ha⁻¹/año⁻¹
- ijk* = tipo de suelo, zona climática, intensidad del drenaje, etc. (según el nivel de desglose)

Se utiliza el mismo método para calcular las emisiones de N₂O procedentes de suelos orgánicos drenados de tierras convertidas en tierras forestales.

Nivel 1: En el Nivel 1, la Ecuación 3a.2.1 se aplica con un simple desglose de los suelos forestales drenados en zonas "ricas en nutrientes" y "pobres en nutrientes" y se utilizan factores de emisión por defecto. Los datos por defecto se presentan en la Sección 3a.2.2.2, y en la Sección 3a.2.2.3 se describe la orientación para obtener datos de actividad.

Nivel 2: El Nivel 2 se puede utilizar si se dispone de los factores de emisión propios del país y de los datos sobre la zona correspondiente. Generalmente, esos datos permitirán desglosar la estimación para tener en cuenta las prácticas de gestión, como el drenaje de distintos tipos de turberas, la fertilidad (p. ej., cenagales por oposición a pantanos) y el tipo de árbol (frondoso por oposición a conífero), desarrollándose factores de emisiones específicos para cada subclase. De la información relativa al suelo que figure en el inventario nacional sobre bosques se pueden obtener datos sobre la zona desglosados debidamente.

Nivel 3: Si se dispone de modelos más complejos o de estudios más detallados se puede utilizar un método nacional de Nivel 3 para estimar las emisiones de N₂O. En vista de la variabilidad espacial y temporal y de las incertidumbres de las emisiones de N₂O, este procedimiento ofrece más garantías en un país en el que las emisiones directas de N₂O de bosques gestionados constituyen la categoría esencial, porque la aplicación de métodos avanzados puede representar con mayor exactitud las prácticas de gestión y las variables más relevantes.

3a.2.2.2 ELECCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Cuando se utilizan los Niveles 1 y 2 es necesario conocer los factores de las emisiones de N₂O por unidad de superficie y año.

Nivel 1: En el Nivel 1 se utilizan factores de emisión por defecto de las publicaciones especializadas; esos valores se muestran en el Cuadro 3a.2.1.

Como se dispone de pocos datos, los factores de emisión por defecto de los respectivos niveles de nutrientes y zonas climáticas sólo pueden considerarse indicativos, y tal vez no reflejen con exactitud la magnitud real de las emisiones en un país dado.

Las emisiones procedentes de suelos minerales forestales drenados se deberían calcular utilizando factores de emisión más reducidos e independientes que para los suelos orgánicos forestales drenados. Cabe suponer que las emisiones procedentes de suelos minerales forestales drenados representan aproximadamente la décima parte de FE_{drenaje} de los suelos orgánicos (Klemedtsson *et al.*, 2002). Es necesario realizar más mediciones, sobre todo en las zonas tropicales, para mejorar los factores de emisión indicativos del Cuadro 3a.2.1. Se estima que si se rehumedecen los bosques drenados (es decir, que la capa freática recupera los niveles previos al drenaje) las emisiones de N_2O vuelven a su nivel inicial cercano a cero.

CUADRO 3a.2.1			
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO DE EMISIONES DE N_2O PROCEDENTES DEL DRENAJE DE SUELOS FORESTALES			
Zona climática y tipo de suelo	Factor de emisión $FE_{TFTF_{\text{drenaje}}}$ kg de N de N_2O $ha^{-1} \text{ año}^{-1}$	Intervalo de incertidumbre* kg de N de N_2O $ha^{-1} \text{ año}^{-1}$	Referencia/ Comentarios
Clima templado y boreal			
Suelo orgánico pobre en nutrientes	0,1	0,02 a 0,3	Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996 Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996
Suelo orgánico rico en nutrientes	0,6	0,16 a 2,4	Klemedtsson <i>et al.</i> , 2002; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996
Suelo mineral	0,06	0,02 a 0,24	Klemedtsson <i>et al.</i> , 2002
Clima tropical	8	0 a 24	Estimado como la mitad del factor de tierras agrícolas orgánicas drenadas
* Intervalo de confianza del 95% de una distribución log normal			

Nivel 2: Cuando se dispone de datos del país, en particular sobre diferentes regímenes de gestión, en el Nivel 2 se pueden definir los factores de emisión específicos. Estas emisiones propias del país deberían extraerse de estudios realizados en el país o en países vecinos comparables y, de ser posible, tendrían que desglosarse por nivel de drenaje, vegetación (bosque frondoso por oposición a conífero) y fertilidad de la turba. Como hay pocos textos técnicos y los resultados son a veces contradictorios, los factores de emisión propios del país deberían obtenerse mediante un riguroso programa de mediciones. En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, pág. 4.69 de *OBP2000*, se describe una buena práctica para obtener factores de emisiones específicos de un país de las emisiones de N_2O procedentes de los suelos.

Nivel 3: En el Nivel 3, todos los parámetros deben definirse respecto a cada país utilizando valores más precisos en lugar de valores por defecto. Como escasean las publicaciones técnicas y los resultados son a veces contradictorios, se alienta a los países a obtener factores de emisión propios del país realizando mediciones contrastadas tomando como referencia lugares forestales no drenados apropiados. Los países con condiciones medioambientales semejantes deberían intercambiar sus datos.

3a.2.2.3 ELECCIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad necesarios para estimar esta fuente pertenecen a la superficie de tierras forestales drenadas y rehumedecidas. En el Nivel 1, la estimación nacional de los suelos forestales drenados está estratificada según la fertilidad del suelo, ya que los valores por defecto vienen dados por suelos ricos en nutrientes y pobres en nutrientes. Los datos nacionales pueden obtenerse en los servicios que se ocupan de los suelos y de estudios de humedales; por ejemplo, para convenciones internacionales. De no ser posible realizar una estratificación según la fertilidad de la turba, los países pueden confiar en el dictamen de expertos. Los climas boreales suelen favorecer la aparición de cenagales pobres en nutrientes, en tanto que los climas templados y oceánicos suelen propiciar la formación de turberas ricas en nutrientes. El Nivel 2 podría permitir una mayor estratificación. Por ejemplo, el área también podría distinguirse mediante prácticas de gestión como

el drenaje de diferentes tipos de turba y de árbol. En el Capítulo 2 se dan orientaciones sobre los distintos procedimientos de que se dispone para clasificar las áreas de tierra.

3a.2.2.4 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Las estimaciones de las emisiones antropógenas de N₂O procedentes de los bosques son muy inciertas a causa de: a) la elevada variabilidad espacial y temporal de las emisiones; b) la escasez de mediciones durante largos períodos y su poca representatividad probable en regiones más extensas, y c) la incertidumbre respecto a la agregación espacial y la incertidumbre inherente a los factores de emisión y a los datos de actividad.

Nivel 1: La incertidumbre asociada a los factores de emisión por defecto del Nivel 1 se muestran en el Cuadro 3a.2.1.

La incertidumbre en el área de turberas forestales y su división en tipos de turba pobres en nutrientes (ombrotrofica, cenagales) y ricos en nutrientes (minerotrofica, pantanos) se calcula mejor mediante una evaluación de la incertidumbre por países. Las estimaciones actuales de áreas de turberas forestales drenadas y humedecidas en un país varían considerablemente entre distintas fuentes de datos, y pueden tener una incertidumbre del 50% o más.

Nivel 2: En el Recuadro 4.1, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, pág. 4.69, de *OBP2000*, se describe una buena práctica para obtener factores de emisión específicos de un país.

El área de turberas forestales y su división entre tipos de turba pobre en nutrientes y rica en nutrientes requiere una evaluación de las incertidumbres específica del país, preferentemente comparando diversas fuentes de datos y aplicando estadísticas de diferentes áreas; por ejemplo, análisis de sensibilidad o de Monte Carlo (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

Nivel 3: Los modelos basados en procesos probablemente ofrezcan una estimación más acorde con la realidad, pero han de calibrarse y compararse con las mediciones. Para fines de validación se necesitan mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.1, Identificación y cuantificación de las incertidumbres figuran orientaciones genéricas sobre evaluación de la incertidumbre utilizando métodos avanzados.

3a.2.3 Exhaustividad

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO₂ procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.3 sobre exhaustividad, en el texto principal.

3a.2.3.1 ELABORACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO₂ procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.4 sobre elaboración de una serie temporal coherente, en el texto principal.

3a.2.4 Presentación de informes y Documentación

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO₂ procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.5 sobre presentación de informes y documentación, en el texto principal.

3a.2.5 Garantía de la calidad/Control de la calidad (GC/CC)

Para asegurar la coherencia con la información sobre las emisiones de CO₂ procedentes de suelos forestales drenados, véase la Sección 3.2.6 sobre garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) de los inventarios, en el texto principal.

Apéndice 3a.3 Humedales que siguen siendo humedales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

3a.3.1 Introducción

En la presente sección se desarrollan las consideraciones de la Sección 5.4.3 (Otras categorías de actividad posibles) de las *Directrices del IPCC* mediante una descripción de las metodologías que permiten estimar la variación de las reservas de carbono, así como las emisiones de CH₄ y N₂O (que pueden ser tan importantes como las emisiones de CO₂) procedentes de humedales que siguen siendo humedales. La conversión de tierras en humedales se describe en la Sección 3.5 de esta publicación.

La estimación de las emisiones de CO₂ en humedales consta de dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3a.3.1.

<p>ECUACIÓN 3a.3.1</p> <p>EMISIONES DE CO₂ EN HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES</p> <p>Emisiones de CO₂ HH = Emisiones de CO₂ HH turba + Emisiones de CO₂ HH aneg</p>

Donde:

Emisiones de CO₂ HH = emisiones de CO₂ en humedales que siguen siendo humedales, en Gg de CO₂ año⁻¹

Emisiones de CO₂ HH turba = emisiones de CO₂ procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba (Sección 3a.3.1), en Gg de CO₂ año⁻¹

Emisiones de CO₂ HH aneg = emisiones de CO₂ procedentes de tierras anegadas (Sección 3a.3.2), en Gg de CO₂ año⁻¹

La estimación de las emisiones de N₂O consta de los mismos dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3a.3.2.

<p>ECUACIÓN 3a.3.2</p> <p>EMISIONES DE N₂O PROCEDENTES DE HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES</p> <p>Emisiones de N₂O HH = Emisiones de N₂O HH turba + Emisiones de N₂O HH aneg</p>

Donde:

Emisiones de N₂O HH = emisiones de N₂O procedentes de humedales que siguen siendo humedales, en Gg de N₂O año⁻¹

Emisiones de N₂O HH turba = emisiones de N₂O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba (Sección 3a.3.2), en Gg de N₂O año⁻¹

Emisiones de N₂O HH aneg = emisiones de N₂O procedentes de tierras anegadas (Sección 3a.3.3), en Gg de N₂O año⁻¹

En el momento actual sólo es posible proporcionar una metodología por defecto respecto de CH₄ para las tierras anegadas (Ecuación 3a.3.3):

<p>ECUACIÓN 3a.3.3</p> <p>EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES</p> <p>Emisiones de CH₄ HH = Emisiones de CH₄ HH aneg</p>
--

Donde:

Emisiones de CH₄ HH = Emisiones de CH₄ procedentes de humedales que siguen siendo humedales, en Gg de CH₄ año⁻¹

Emisiones de CH₄ HH aneg = Emisiones de CH₄ procedentes de tierras anegadas (Sección 3a.3.3), en Gg de CH₄ año⁻¹

3a.3.2 Suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba

Como se indica en el Cuadro 3a.3.1 y en las Ecuaciones 3a.3.1 y 3a.3.2, por el momento sólo se indican métodos para estimar las emisiones de CO₂ y de N₂O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba.

CUADRO 3a.3.1 RESUMEN DE NIVELES PARA LOS SUELOS ORGÁNICOS GESTIONADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA			
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Variación en la biomasa viva ($\Delta C_{HH\ turba\ BV}$)	No se estima (o se supone igual a cero).	Improbable que sea significativo (véase <i>infra</i>), pero podrá estimarse si se dispone de datos específicos del país, con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.4.1.1 (Praderas, variación de las reservas de carbono en la biomasa viva).	Improbable que sea significativo (véase <i>infra</i>), pero podrá estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país, con arreglo a las orientaciones de la Sección 3.4.1.1 (Praderas, Variación de las reservas de carbono en la biomasa viva).
Variación en la materia orgánica del suelo ($\Delta C_{HH\ turba\ MOS}$)	Las emisiones procedentes de la extracción de turba pueden estimarse utilizando factores de emisión por defecto y datos de área.	Se estima utilizando factores más desglosados, específicos del país. Si se dispone de datos, pueden estimarse las emisiones procedentes del restablecimiento de turberas y de las existencias almacenadas.	Puede estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país.
N₂O	Las emisiones procedentes de la extracción de turba pueden estimarse utilizando factores de emisión y datos de área por defecto.	Se estima utilizando factores más desglosados específicos del país. Si se dispone de datos, pueden estimarse las emisiones procedentes de la restauración de turberas.	Puede estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país.
CH₄	No se estima por el momento.	Se estima utilizando factores específicos del país. Si se dispone de datos, pueden estimarse las emisiones procedentes de la restauración de turberas.	Podrá estimarse si se dispone de datos detallados o de métodos avanzados específicos del país.

3a.3.2.1 EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

La estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba consta de dos elementos básicos, como se indica en la Ecuación 3a.3.4.

<p>ECUACIÓN 3a.3.4</p> <p>EMISIONES DE CO₂ EN TIERRAS GESTIONADAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA</p> $\text{Emisiones de CO}_2\ HH\ turba = (\Delta C_{HH\ turba\ BV} + \Delta C_{HH\ turba\ Suelos}) \cdot 10^{-3} \cdot 44/12$
--

Donde:

Emisiones de CO₂ HH turba = Emisiones de CO₂ procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba, en Gg de CO₂ año⁻¹

$\Delta C_{HH\ turba\ BV}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{HH\ turba\ Suelos}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año⁻¹

La variación de las reservas de carbono se convierte en emisiones de CO₂ (se espera que la Ecuación 3a.3.4 arroje una pérdida de carbono). Las emisiones se notifican como valores positivos, y las absorciones, como valores negativos (para más detalles sobre la notificación y las convenciones de signos véanse la Sección 3.1.7 y el Anexo 3A.2, Cuadros de notificación y hojas de trabajo).

3a.3.2.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

En general, la parte de las emisiones que procede de la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva será pequeña en comparación con las emisiones de carbono asociadas a la materia orgánica de los suelos. Ello se debe a que normalmente la vegetación es eliminada de los suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba, aunque puede haber cierta cantidad de vegetación en las zanjas de drenaje o a lo largo de los contornos. Sin embargo, cuando se gestionan las turberas es posible que se eliminen cantidades sustanciales de vegetación, asunto que se examina en la Sección 3.5. Debido a la escasez de datos y a la importancia probablemente escasa de la variación en la biomasa de las tierras gestionadas para la extracción de turba, no se ofrecen aquí orientaciones por defecto, y podrá suponerse, en el Nivel 1, que la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en turberas gestionadas es igual a cero. Sin embargo, los países en que las turberas son una categoría esencial podrán desarrollar datos que ayuden a estimar las emisiones procedentes de la vegetación, utilizando métodos de niveles superiores basados en el criterio de expertos nacionales.

3a.3.2.1.2 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN EL SUELO

3a.3.2.1.2.1 Cuestiones metodológicas

Las emisiones de CO₂ procedentes de los suelos se producen en varias etapas en el proceso de extracción de turba, como se indica en la Ecuación 3a.3.5.

ECUACIÓN 3a.3.5

VARIACIÓN DEL CARBONO EN EL SUELO EN TIERRAS GESTIONADAS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{HH \text{ turbaSuelos}} = (\Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, drenaje}} + \Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, extracción}} + \Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, almacenamiento}} + \Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, restablecimiento}})$$

Donde:

$\Delta C_{HH \text{ turba Suelos}}$ = variación de las reservas de carbono en el suelo, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, drenaje}}$ = variación del carbono en el suelo durante el drenado, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, extracción}}$ = variación del carbono en el suelo durante la extracción de turba, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, almacenamiento}}$ = variación del carbono en el suelo durante el almacenamiento de turba antes de retirarla para quemarla, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{HH \text{ turbaSuelos, restablecimiento}}$ = variación del carbono del suelo por efecto de las prácticas adoptadas para restablecer tierras anteriormente cultivadas, en toneladas de C año⁻¹

En la actualidad sólo es posible proporcionar un método por defecto para estimar la variación de las reservas de carbono asociadas a la extracción de turba ($\Delta C_{HH \text{ Suelos, extracción}}$), que son esencialmente emisiones causadas por una mayor oxidación de la materia orgánica del suelo en los campos de producción. Las emisiones procedentes de reservas de almacenamiento de turba y de operaciones de restablecimiento responden a mecanismos mucho menos conocidos. Con el aumento de la temperatura las existencias almacenadas pueden liberar más CO₂ que el terreno de excavación, aunque no se dispone por el momento de datos suficientes para ofrecer orientaciones. Los países pueden desarrollar métodos nacionales para estimar los otros términos de la Ecuación 3a.3.5 en niveles superiores, con lo que podrían dar cuenta también del efecto del restablecimiento de las turberas, y de la dinámica que ocasiona un aumento de las emisiones inmediatamente después del drenaje, en comparación con el período durante el que se elimina la turba.

Elección del método

El método del Nivel 1 está basado en la identificación básica de las áreas y en los factores de emisión por defecto, mientras que el método del Nivel 2 está desglosado en escalas espaciales más reducidas y utiliza factores de emisión específicos del país, siempre que se disponga de ellos. En el estado actual de la ciencia,

pocos países utilizarán métodos del Nivel 3, por lo que sólo se describirán los principales elementos de un método del Nivel 3.

Nivel 1: En el Nivel 1 se estiman sólo las emisiones asociadas directamente a la variación del carbono en los suelos durante la extracción de turba (emisiones fugitivas en los campos de producción). Las emisiones procedentes de la turba extraída quedan incluidas en las emisiones procedentes de la combustión de turba notificadas en el sector Energía. En el Nivel 1, la Ecuación 3a.3.6 se aplica en términos globales a la superficie de suelo orgánico de un país gestionado para la extracción de turba, utilizando factores de emisión por defecto.

ECUACIÓN 3a.3.6
EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE SUELOS ORGÁNICOS GESTIONADOS
PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\Delta C_{HH \text{ turba Suelos, extracción}} = S_{\text{turba ricosN}} \bullet FE_{\text{turba ricosN}} + S_{\text{turba pobresN}} \bullet FE_{\text{turba pobresN}}$$

Donde:

$\Delta C_{HH \text{ turba Suelos, extracción}}$ = emisiones de CO₂ procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba, expresadas en forma de carbono, en toneladas de C año⁻¹

$S_{\text{turba ricosN}}$ = superficie de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje, en ha

$S_{\text{turba pobresN}}$ = superficie de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje, en ha

$FE_{\text{turba ricosN}}$ = factores de emisión del CO₂ procedente de suelos orgánicos ricos en nutrientes gestionados para la extracción de turba, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

$FE_{\text{turba pobresN}}$ = factores de emisión del CO₂ procedente de suelos orgánicos pobres en nutrientes gestionados para la extracción de turba, en toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹

Nivel 2: El Nivel 2 puede utilizarse si se dispone de datos de área y de factores de emisión específicos del país. Sería posible subdividir los datos de actividad y los factores de emisión en función de la fertilidad del suelo, del tipo de ubicación, del nivel de drenaje y del uso anterior de la tierra, por ejemplo forestal o de cultivo. Podrían incluirse también factores de emisión para subcategorías tales como las reservas de almacenamiento de turba, o las turberas drenadas y restablecidas. Además, podrían desarrollarse factores de emisión que reflejen diferencias en los niveles de emisión entre el período directamente posterior al drenaje y el período de extracción de turba.

Nivel 3: Para utilizar los métodos del Nivel 3 se necesitarían datos estadísticos sobre la superficie de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba en función del tipo de ubicación, la fertilidad, el tiempo transcurrido desde el drenaje, o el tiempo transcurrido desde el restablecimiento, que podrían combinarse con los factores de emisión apropiados y/o con modelos basados en procesos. Podrían utilizarse también estudios basados en información sobre la variación de la densidad aparente del suelo y del contenido de carbono, con el fin de detectar variaciones de las reservas de carbono en el suelo, siempre y cuando los muestreos tengan la intensidad suficiente. Tales datos podrían utilizarse también para desarrollar factores de emisión apropiados respecto del CO₂, corrigiendo las pérdidas de carbono en forma de carbono orgánico lixiviado, las pérdidas de materia orgánica muerta por escorrentía, o las pérdidas en forma de emisiones de CH₄.

Elección de factores de emisión

Nivel 1: Para aplicar el Nivel 1 se necesitan factores de emisión por defecto respecto de FE_{turba} . En el Cuadro 3a.3.2 se ofrecen factores de emisión por defecto para el Nivel 1. Estos factores son idénticos a los indicados en el Cuadro 3.5.2 (Factores de emisión e incertidumbre asociada en suelos orgánicos después del drenaje) para estimar las emisiones de CO₂ asociadas al drenaje de tierras para la extracción de turba (un tipo de conversión de la tierra descrito en la Sección 3.5). Aunque se sabe que las emisiones en el período inmediatamente posterior al drenaje serán mayores que durante la extracción de turba, no se dispone actualmente de datos suficientes para desarrollar factores de emisión por defecto específicos con respecto a esas actividades. Como ya se ha indicado, en el Nivel 2 los países podrían desarrollar factores de emisión específicos del país más desglosados, y diferenciar entre las tasas de emisión durante la conversión de las tierras en turberas y las emisiones fugitivas que se producen durante la extracción de turba.

CUADRO 3A.3.2			
FACTORES DE EMISIÓN DE CARBONO EN FORMA DE CO₂ E INCERTIDUMBRE ASOCIADA EN SUELOS ORGÁNICOS DESPUÉS DEL DRENAJE			
Región/Tipo de turba	Factor de emisión toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹	Incertidumbre^a toneladas de C ha⁻¹ año⁻¹	Referencia/Comentario^b
Boreal y templada			
Pobre en nutrientes FE _{pobreN}	0,2	0 a 0,63	Laine y Minkkinen, 1996; Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002
Rica en nutrientes FE _{ricoN}	1,1	0,03 a 2,9	Laine <i>et al.</i> , 1996; LUSTRA, 2002; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Sundh <i>et al.</i> , 2000
Tropical			
FE	2,0	0,06 a 6,0	Calculado a partir de la diferencia relativa entre regiones templadas (pobres en nutrientes) y tropicales en el Cuadro 3.3.5.
^a Intervalo de datos implícitos			
^b Los valores de las regiones boreal y templada han sido obtenidos como valor medio a partir de una revisión de mediciones de parcelas emparejadas, suponiendo que los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba se han drenado sólo ligeramente. La mayoría de los datos corresponden a Europa.			

En las regiones boreales predominan los pantanos pobres en nutrientes, mientras que en las regiones templadas son más habituales los marjales y cenagales ricos en nutrientes. Los países de regiones boreales que no dispongan de información sobre las áreas de turberas ricas en nutrientes y pobres en nutrientes deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas pobres en nutrientes. Los países de regiones templadas que no dispongan de tales datos deberían utilizar el factor de emisión correspondiente a las turberas ricas en nutrientes. Sólo se ofrece un factor por defecto para las regiones tropicales, de modo que para los países tropicales no es necesario desglosar las áreas de turberas cuando se utilice el Nivel 1. Los valores de incertidumbre proceden de una distribución lognormal, y representan un intervalo de confianza del 95%.

Niveles 2 y 3: Para los Niveles 2 y 3 se necesitan datos específicos del país sobre prácticas de gestión como el drenaje de diferentes tipos de turba. La bibliografía es escasa, y los resultados se contradicen a veces. Se sugiere a los países que obtengan factores de emisión específicos del país a partir de mediciones, tomando como referencia ubicaciones vírgenes apropiadas. Los datos deberían compartirse entre países con condiciones medioambientales similares.

Elección de datos de actividad

Nivel 1: Un dato de actividad necesario en todos los niveles es la superficie de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba. Idealmente, en el Nivel 1 los países obtendrían datos de ámbito nacional sobre la superficie destinada a la extracción de turba. En las regiones boreales y templadas, estos datos de área tendrían que ser desglosados en función de la fertilidad del suelo para que se correspondan con los factores de emisión por defecto expuestos en el Cuadro 3a.3.2. Ese tipo de datos puede obtenerse de las estadísticas nacionales, de empresas de extracción minera de turba, o de los ministerios estatales que se ocupan de los usos de la tierra. La superficie de extracción de turba puede estimarse también a partir de estadísticas sobre la producción de turba para su uso como combustible y para usos hortícolas, cuando se conoce la tasa media de extracción a nivel nacional. Si no se dispone de este valor, puede suponerse en términos generales que la tasa de extracción es de 0,04 millones de m³/km² o de 0,016 millones de t/km².

Si no fuera posible utilizar ninguna de estas metodologías, se podrán obtener datos por defecto sobre las superficies de turba a partir de las estimaciones de las investigaciones publicadas. En el Cuadro 1 de Andriess (1988) figuran datos sobre la superficie de suelos orgánicos de otros países, junto con una estimación de la proporción entre las turberas tropicales y las de regiones templadas y boreales. En el Cuadro 3a.3.3 se ofrecen estimaciones aproximadas del drenaje de los humedales a escala continental. Estos datos no son necesariamente aplicables a los suelos orgánicos, y no distinguen entre los diferentes tipos de suelos. Sin embargo, pueden considerarse como una primera estimación grosera del uso de la tierra en las turberas respecto de las cuales no se dispone de datos más detallados. Pueden obtenerse datos adicionales sobre las superficies de turbera en: Andriess (1988), Lappalainen (1996), OECD/IUCN (1996), Tarnocai *et al.* (2000), Umeda y Inoue (1996), Xuehui y Yan (1996). Se encontrarán también datos al respecto en <http://www.worldenergy.org/wecgeis/publications/reports/ser/peat/peat.asp> y en <http://www.wetlands.org>.

Niveles 2 y 3: Los países deberían evaluar la superficie total de suelo orgánico gestionado para la extracción de turba, incluidas las áreas abandonadas en que todavía hay drenaje o en que subsisten los efectos de operaciones anteriores de extracción de turba con el nivel de desglose necesario para los cálculos de los niveles o para la

metodología de modelización que se esté utilizando. Si fuera posible, se sugiere a los países que recuperen datos sobre las superficies de marjal y sobre el nivel de drenaje, a fin de utilizar factores de emisión por defecto más desglosados o factores específicos del país. Si se está efectuando un restablecimiento, se sugiere a los países que informen por separado de la superficie de suelos orgánicos restablecidos anteriormente gestionados para la extracción de turba, y que estimen las emisiones procedentes de las tierras destinadas a la extracción de turba.

CUADRO 3a.3.3						
ESTIMACIONES DE SUPERFICIE Y USOS DE LAS TURBERAS PARA EL NIVEL 1 POR CADA 1000 HECTÁREAS						
País o región	Superficie de turbera total (no gestionada + gestionada) 1000 ha	Agricultura, drenada (tierras agrícolas + praderas) 1000 ha	Bosques gestionados, drenados 1000 ha	Extracción de turba (turberas industriales) 1000 ha^a	% en los trópicos^b	Referencia
Europa	95695	(56-65% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)			0	1, 9
Belarús	2939	900	(pequeños)	109	0	1, 2
Dinamarca	142	140	(pequeños)	1,2	0	1, 2
Estonia	1009	130	320	258	0	1, 2
Finlandia	8920	350	3540	53	0	1, 2, 3
Francia	100	55	(pequeños)	(pequeños)	0	1, 2
Alemania	1420	210	(pequeños)	32	0	1, 2
Gran Bretaña	1754	500	500	5,4	0	1, 2
Hungría	100	80	0	0,2	0	1, 2
Islandia	1000	120	(pequeños)		0	1, 2
Irlanda	1176	90	45	82	0	1, 2
Italia	120	30		(pequeños)	0	1, 2
Letonia	669	160	50	27	0	1, 2
Lituania	352	25	190	36	0	1, 2
Países Bajos	279	250	(pequeños)	3,6	0	1, 2
Noruega	2370	190	280	2,5	0	1, 2
Polonia	1255	760	370	2,5	0	1, 2
Eslovenia	100	30	0	(pequeños)	0	1, 2
Suecia	10379	300	524	12	0	1, 2
Ucrania	1008			19	0	1, 2

CUADRO 3a.3.3 (CONTINUACIÓN)						
ESTIMACIONES DE SUPERFICIE Y USOS DE LAS TURBERAS PARA EL NIVEL 1 POR CADA 1000 HECTÁREAS						
País o región	Superficie de turbera total (no gestionada + gestionada) 1000 ha	Agricultura, drenada (tierras agrícolas + praderas) 1000 ha	Bosques gestionados, drenados 1000 ha	Extracción de turba (turberas industriales) 1000 ha ^a	% en los trópicos ^b	Referencia
Asia	24446	(27% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas, en aumento)				4b, 9
Birmania	965				100	4
China	1044-3480	135		104	30	4b, 5
Indonesia	17000-27000	400		3,6 (combustible sólo)	100	4
Iraq	1790				100	4
Japón	201				0	4b, 6
Malasia	2250-2730	500			100	4b
Papua Nueva Guinea	685				100	4b
Filipinas	104-240				100	4b
Rusia	39000-76000	700	2500	9120	0	1, 2
Corea del Sur	630				0	4b
Nueva Zelandia	165				30	8
África	5840	(2% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)				4a, 11
Guinea	525				100	4a
Nigeria	700				100	4a
Sudáfrica	950				100	4a
Uganda	1420				100	4a
Zambia	1106				100	4a
América del Norte	173500	(56-65% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)				4c, 9
Canadá ^c	111328	25	100	16	0	7
Estados Unidos						
Alaska:	49400				0	8
S de 49°N:	10240				2,5	
América Central y del Sur	11222	(6% de los humedales drenados para fines agrícolas y silvícolas)				4c, 9
Brasil	1500-3500				100	4c
Chile	1047				10	4c
Cuba	658				100	4c
Guyana	814				100	4c
Honduras	453				100	4c
México	1000				100	4c
Nicaragua	371				100	4c
Venezuela	1000				100	4c

Referencias: 1 Lappalainen (1996), 2 Revisión de inventarios de humedales europeos, proyectos de informes nacionales (<http://www.wetlands.org>), 3 Inventario nacional, 4a-c Lappalainen y Zurek (1996), 5 Xuehui y Yan (1996), 6 Umeda y Inoue (1996), 7 Tarnocai, *et al.* (2000), 8 Andriessse (1988), 9 OCDE/UICN (1996)

^a Extracción de turba para su uso como combustible: <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/peat/peat.asp>

^b Andriessse (1988); La definición de trópico utilizada por Andriessse (1988) es más extensa que el área habitualmente utilizada entre el Trópico de Cáncer (25° N) y el Trópico de Capricornio (25° S). Según esta definición, por ejemplo, Nueva Zelandia e Iraq no se clasificarían como tropicales.

^c Se estima que el área total afectada por la construcción de embalses hidroeléctricos excederá de 9000 km².

3A.3.2.1.2.2 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: Las incertidumbres más importantes en el Nivel 1 se derivan de los factores de emisión y de las estimaciones de superficie por defecto. Los factores y parámetros de emisión se han desarrollado a partir de un número muy pequeño de datos puntuales (menos de 10), y podrían no ser representativos de grandes extensiones o zonas climáticas. La desviación estándar de los factores de emisión excede fácilmente del 100% de la media, pero es probable que las funciones de probabilidad implícitas sean no normales. Se sugiere a los países que utilicen el intervalo de error en lugar de la desviación estándar.

La superficie de turberas drenadas podría conllevar una incertidumbre de 50% en Europa y América del Norte, pero puede llegar a ser un factor de 2 en el resto del mundo. La incertidumbre en el Sureste de Asia es muy elevada, y las turberas están especialmente sometidas a presión, principalmente a causa de la urbanización y de la intensificación de la agricultura y de la silvicultura, y posiblemente también por la extracción de turba.

Nivel 2: Se sugiere a los países con importantes extensiones de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba que utilicen un método del Nivel 2 para obtener una evaluación de la incertidumbre total (véase el Capítulo 5, Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres) respecto del conjunto de aportaciones significativas a las emisiones (drenaje/rehumidificación, superficie, parámetros específicos del país).

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán, en principio, unas estimaciones más realistas, aunque deben ser calibrados y validados a partir de las mediciones. En el Capítulo 5 (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres) se ofrecen orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbre en los métodos avanzados. Dado que el drenaje de las turberas da lugar a la compactación de la turba y a la oxidación, la metodología de variación de reservas para vigilar los flujos de CO₂ puede ser imprecisa. Si se utiliza, debería calibrarse utilizando las mediciones de flujo apropiadas.

3a.3.2.2 EMISIONES DE N₂O PROCEDENTES DE TURBERAS DRENADAS

3a.3.2.2.1 Cuestiones metodológicas

El método para estimar las emisiones de N₂O procedentes de turberas drenadas se indica en la ecuación siguiente.

ECUACIÓN 3a.3.7
EMISIONES DE N₂O PROCEDENTES DE HUMEDALES DRENADOS

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O}_{\text{HH turba}} = (S_{\text{turba}_{\text{ricosN}}} \bullet FE_{\text{turba}_{\text{ricosN}}} + S_{\text{turba}_{\text{pobresN}}} \bullet FE_{\text{turba}_{\text{pobresN}}}) \bullet 44/28 \bullet 10^{-6}$$

Donde:

Emisiones de N₂O_{HH turba} = emisiones de N₂O, en Gg de N₂O año⁻¹

S_{turba_ricosN} = superficie de suelos orgánicos drenados ricos en nutrientes, en ha

S_{turba_pobresN} = superficie de suelos orgánicos drenados pobres en nutrientes, en ha

FE_{turba_ricosN} = factor de emisión en suelos orgánicos de humedales drenados ricos en nutrientes, en kg de N de N₂O ha⁻¹ año⁻¹

FE_{turba_pobresN} = factor de emisión en suelos orgánicos drenados pobres en nutrientes, en kg de N de N₂O ha⁻¹ año⁻¹

Elección del método

Nivel 1: El método del Nivel 1 para estimar las emisiones de N₂O procedentes de humedales drenados es similar al descrito en las *Directrices del IPCC* para los suelos agrícolas drenados, y para los suelos forestales drenados (Apéndice 3a.2, Emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes del drenado y reposición de agua en suelos forestales: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro), y se indica en la Ecuación 3a.3.7. La superficie de drenaje (desglosada conforme proceda) se multiplicará por el factor de emisión correspondiente. Al igual que para las tierras forestales drenadas, en el Nivel 1 se proporcionan los factores por defecto de las tierras pertenecientes a regiones templadas y boreales para los suelos pobres en nutrientes y ricos en nutrientes. Dado

que para las regiones tropicales se proporciona un único factor de emisión, no es necesario en este caso desglosar el valor en función de la fertilidad del suelo.

Nivel 2: En este Nivel, la superficie de tierras se desglosa en función de factores adicionales, como la fertilidad, el tipo de ubicación y el nivel de drenaje, y se utilizan factores de emisión específicos del país desglosados.

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán, en principio, una estimación más realista, pero deberán ser calibrados y validados a partir de las mediciones. Para validarlos se necesitarán unas mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, se ofrecen orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbre con métodos avanzados.

Elección de factores de emisión/absorción

Nivel 1: En el Cuadro 3a.3.4 se indican factores de emisión por defecto para el Nivel 1.

CUADRO 3a.3.4 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LAS EMISIONES DE N ₂ O PROCEDENTES DE HUMEDALES			
Zona climática y tipo de suelo	Factor de emisión FE _{2 turba} kg de N de N ₂ O ha ⁻¹ año ⁻¹	Intervalo de incertidumbre* kg de N de N ₂ O ha ⁻¹ año ⁻¹	Referencia/ Comentarios
Clima de regiones boreales y templadas			
Suelo orgánico pobre en nutrientes	0,1	0 a 0,3	Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996
Suelo orgánico rico en nutrientes	1,8	0,2 a 2,5	
Clima tropical	18	2 a 25	El valor correspondiente a las superficies tropicales se calcula a partir de la diferencia relativa entre regiones templadas y tropicales en el Capítulo 4 de las <i>Directrices del IPCC</i> y en <i>OBP2000</i> . Esa misma metodología se ha utilizado en el Cuadro 3.2.2, y los órdenes de magnitud son similares.
* Los valores de incertidumbre provienen de una distribución log normal, y representan un intervalo de confianza del 95%.			

Nivel 2: El Nivel 2 integra los datos específicos del país, si se dispone de ellos, y especialmente los relativos a prácticas de gestión tales como el drenaje de diferentes tipos de turba. Dado que las publicaciones son escasas y los resultados en ocasiones se contradicen, se sugiere a los países que obtengan factores de emisión específicos del país mediante mediciones contrastadas con ubicaciones vírgenes de referencia apropiadas. En el Recuadro 4.1 de *OBP2000* se ofrecen orientaciones concretas sobre la manera de obtener factores de emisión específicos del país para el N₂O (pág. 4.62).

Nivel 3: El Nivel 3 incorpora modelos que deberían validarse a partir de mediciones. Su adecuación a las condiciones específicas del país debería comprobarse.

Elección de datos de actividad

Deberían utilizarse los mismos datos de actividad para estimar las emisiones de CO₂ y de N₂O procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba; en la Sección 3a.3.3.1 se ofrece información sobre la manera de obtener tales datos. Para los países de regiones boreales y templadas que utilizan el método del Nivel 1, los datos de superficie deberían estar estratificados en función de la fertilidad del suelo, ya que los valores por defecto proporcionados corresponden a suelos ricos en nutrientes y pobres en nutrientes. Debería ser posible obtener datos de ámbito nacional de las entidades que prestan servicios sobre el suelo, y de encuestas sobre humedales, por ejemplo para las convenciones internacionales. Si no fuera posible estratificar los datos en función de la fertilidad de la turba, los países podrían basarse en el dictamen de expertos. Los climas boreales favorecen los pantanos pobres en nutrientes, mientras que los climas templados y oceánicos favorecen la formación de turberas más ricas en nutrientes.

El Nivel 2 debería permitir una estratificación más detallada. Por ejemplo, las áreas podrían también diferenciarse en función de las prácticas de gestión, como el drenaje de diferentes tipos de turba, la fertilidad (por ejemplo, pantanos o marjales, situación en materia de nitrógeno), y el tipo de árboles. En el Capítulo 2 se ofrecen orientaciones sobre las metodologías disponibles para clasificar las áreas de tierra.

En el Nivel 3 puede ser necesaria información adicional, posiblemente georreferenciada, sobre las propiedades del suelo, la gestión y el tipo de clima, en función de los aportes a los modelos o de otras metodologías sofisticadas.

3a.3.2.2.2 Evaluación de la incertidumbre

Nivel 1: Los factores de emisión por defecto del Nivel 1 están basados en menos de 20 conjuntos de datos emparejados, obtenidos de un número limitado de estudios centrados en las características geográficas de Europa. Por esta razón, deberían considerarse muy inciertos. La desviación estándar de los factores de emisión excede fácilmente del 100% de la media, pero las funciones de probabilidad implícitas serán probablemente no normales. En consecuencia, se indican a continuación tanto la desviación estándar del valor medio como el intervalo de datos implícitos. Dado que los datos implícitos son preliminares, se sugiere a los países que utilicen el intervalo de error en lugar de la desviación estándar. En el Cuadro 3a.3.4 se ofrecen valores de incertidumbre asociados a los factores de emisión por defecto de FE_{2HH} en el Nivel 1.

Para calcular la incertidumbre respecto de la superficie de turbera y su clasificación en tipos de turba pobres en nutrientes (ombotróficas, pantanos) y ricas en nutrientes (minerotróficas, marjales), lo ideal sería utilizar una evaluación de incertidumbre específica del país. En la actualidad, las estimaciones de la superficie de turberas forestales drenadas y rehidratadas de un país varían notablemente en función de las fuentes de datos, y pueden conllevar una incertidumbre del 50% o más.

Nivel 2: Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, la incertidumbre debería calcularse como parte integrante del proceso de desarrollo de los factores. En el Recuadro 4.1 de *OBP2000*, Buenas prácticas en el cálculo de factores de emisión específicos de un país, se ofrecen orientaciones para obtener factores de emisión específicos del país.

Para obtener la superficie de turberas y su división en tipos de turba pobres en nutrientes y ricos en nutrientes es necesaria una evaluación de incertidumbre específica del país, que puede conseguirse comparando diversas fuentes de datos y aplicando estadísticas de superficie diferentes, por ejemplo las obtenidas de análisis de sensibilidad o de Monte Carlo (Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

Nivel 3: Los modelos basados en procesos proporcionarán probablemente una estimación más exacta de las emisiones, pero será necesario calibrarlos y validarlos a partir de las mediciones. Para la validación se necesitan mediciones suficientemente representativas. En la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, figuran orientaciones genéricas sobre la evaluación de incertidumbre.

3a.3.2.3 EXHAUSTIVIDAD

Un inventario completo debería permitir estimar las emisiones procedentes de todas las turberas industriales, incluidas las áreas de extracción minera de turba abandonadas en las que todavía hay drenaje, y las áreas drenadas para una futura extracción de turba.

3a.3.2.4 ELABORACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En la Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos) se ofrecen orientaciones generales sobre la coherencia de las series temporales. El método de estimación de las emisiones debería aplicarse de manera coherente a cada año de la serie temporal, con el mismo nivel de desglose. Además, cuando se utilicen datos específicos del país, el organismo encargado del inventario nacional debería utilizar el mismo protocolo de medición (estrategia de muestreo, método, etc.). Si no fuera posible utilizar el mismo método o protocolo de medición a lo largo de toda la serie temporal, deberían seguirse las orientaciones del Capítulo 5 sobre la realización de nuevos cálculos. Podría ser necesario interpolar la superficie de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba para obtener series temporales más largas o tendencias de mayor alcance. Deberían realizarse verificaciones de la coherencia (p. ej., poniéndose en contacto con empresas de extracción minera de turba) para reunir información temporal sobre las áreas afectadas por la extracción de turba pasada o futura, y deberían explicarse las diferencias de emisión entre uno y otro año de inventario, por ejemplo evidenciando las variaciones en las áreas de turbera industrial, o mediante factores de emisión actualizados. Deberían explicarse las diferencias de emisión entre uno y otro año, por ejemplo evidenciando las variaciones en las áreas de turbera, o mediante factores de emisión actualizados.

3a.3.2.5 PRESENTACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Conviene documentar y archivar toda la información necesaria para producir las estimaciones de inventario nacionales de emisiones/absorciones, como se indica en el Capítulo 5, con sujeción a las consideraciones específicas siguientes. Las emisiones procedentes de tierras gestionadas para la extracción de turba no se mencionan explícitamente en las *Directrices del IPCC*, pero corresponden, en forma global, a la categoría 5E, "Otros tipos", del IPCC.

Factores de emisión: Dada la escasez de datos publicados, deberían describirse y documentarse en detalle los fundamentos científicos en que se basen los nuevos factores, parámetros y modelos de emisión específicos del país. Ello implica definir los parámetros de entrada y describir el proceso en virtud del cual se han obtenido los factores, parámetros y modelos de emisión, así como describir las fuentes de la incertidumbre.

Datos de actividad: Deberían registrarse las fuentes de todos los datos de actividad utilizados en los cálculos (fuentes de datos, bases de datos y referencias cartográficas del suelo), además (con sujeción a las consideraciones de confidencialidad que correspondan) de la comunicación con empresas que trabajen en la extracción de turba. Tal documentación debería incluir la frecuencia de recopilación de datos y de estimación, y las estimaciones de exactitud y precisión, así como las razones a que responden las variaciones importantes en los niveles de emisión.

Resultados de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones importantes de las emisiones entre un año y otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los factores de emisión, parámetros y métodos de un año a otro, y deberían documentarse las razones de esas variaciones. Si se utilizan factores de emisión, parámetros y métodos diferentes en años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones.

3a.3.2.6 GC/CC DE LOS INVENTARIOS

Deberían realizarse verificaciones de garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC), conforme se indica en el Capítulo 5 (Sección 5.5). Cabría también hacer verificaciones de control de la calidad adicionales como se indica en los procedimientos del Nivel 2 del Capítulo 8, GC/CC, de *OBP2000*, así como aplicar procedimientos de garantía de calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles superiores para cuantificar las emisiones procedentes de esa categoría de fuente. Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, éstos deberían basarse en datos experimentales de alta calidad, desarrollados mediante un programa de mediciones riguroso, y debidamente documentados.

En el momento actual, no es posible cotejar las estimaciones de emisión procedentes de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba con respecto a otros métodos de medición. Sin embargo, el organismo encargado del inventario debería asegurarse de que las estimaciones de las emisiones son objeto de un control de calidad mediante:

- Comparación de los factores de emisión específicos del país notificados con los valores por defecto y con datos de otros países;
- Comprobación de la plausibilidad de las estimaciones comparando las superficies de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba con los datos de las industrias turberas y de la producción de turba.

3a.3.3 Tierras anegadas que siguen siendo tierras anegadas

Las tierras anegadas se definen como masas de agua reguladas por las actividades humanas para la producción de energía, el regadío, la navegación, el ocio, etc., en las que se producen variaciones sustanciales de la extensión de agua por efecto de la regulación del nivel del agua. Los lagos y ríos regulados en que el ecosistema principal antes del anegamiento era un lago río natural no se consideran tierras anegadas. Los arrozales se examinan en el capítulo Agricultura de las *Directrices del IPCC* y en *OBP2000*.

Hay escasos datos estadísticos que sugieran que las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de tierras anegadas varían con el tiempo (Duchemin *et al.*, 1999; Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 2000 y 2002a; Keller y Stallard, 1994), aunque estudios recientes sugieren que durante los diez primeros años después del anegamiento las emisiones de CO₂ son consecuencia de la descomposición de la materia orgánica en la tierra antes del anegamiento, mientras que las emisiones posteriores de CO₂ proceden de material transferido al área anegada (S. Houel, 2002; Hélie, 2003). De confirmarse esos estudios, las emisiones de CO₂ atribuidas únicamente al anegamiento no durarían más de aproximadamente 10 años.

En esta sección se ofrece información preliminar sobre la manera de estimar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O procedentes de tierras anegadas. Esta información se ha obtenido de investigaciones publicadas accesibles, y podría ser de utilidad para los países que desean empezar a estimar las emisiones procedentes de esa fuente. Debido al estrecho vínculo existente entre las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O y las metodologías, en esta sección se examinan esos tres gases sin establecer distinciones en cuanto a las emisiones procedentes de tierras anegadas en función de la edad del reservorio. Las emisiones procedentes de la variación de la biomasa viva sobre el suelo por efecto de la conversión en tierras anegadas se examinan en la Sección 3.5.2.2.

3a.3.3.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Después del anegamiento puede haber emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de tierras anegadas por las vías siguientes:

- difusión molecular a través de la interfaz aire-agua, para el CO₂, CH₄ y N₂O (emisiones difusivas);
- burbujas de CH₄ procedentes del sedimento, a través de la columna de agua (emisiones en burbujas);
- emisiones procedentes del agua al atravesar la turbina y/o por el aliviadero y la corriente de rebose (emisiones desgasificantes); y
- emisiones procedentes de la descomposición de la biomasa sobre agua¹

Las dos primeras vías –emisiones difusivas y emisiones en burbujas– se estiman en el Nivel 1. Con respecto a los embalses hidroeléctricos, las emisiones desgasificantes, causadas por un aumento del CO₂ y del CH₄ disueltos en el agua por efecto del anegamiento y liberados a la atmósfera cuando el agua atraviesa la turbina o sale por el aliviadero (Galy-Lacaux *et al.*, 1997), pueden incluirse en el Nivel 2 si se dispone de datos. En las regiones tropicales, las emisiones procedentes de la descomposición de la biomasa sobre agua pueden constituir una vía importante (Fearnside, 2002), y las emisiones correspondientes pueden estimarse en el Nivel 3. Las emisiones de CO₂ y de CH₄ procedentes de embalses varían según la estación. En las regiones boreales y templadas, el CO₂ y el CH₄ se acumularán bajo el hielo y se liberarán con el deshielo (Duchemin, 2000).

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Se describe a continuación un procedimiento para estimar las emisiones procedentes de embalses con arreglo a diversos niveles, con grados de exactitud tanto mayores cuanto más elevado es el nivel metodológico. Al examinar los distintos niveles, se abordarán cuestiones específicas con respecto a la estimación de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O.

Nivel 1

El Nivel 1 ofrece un planteamiento simplificado para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de reservorios mediante datos de emisión por defecto y datos de superficie muy totalizados. A menos que se indique otra cosa, la superficie utilizada en los cálculos del Nivel 1 será la superficie total anegada, que abarca todas las superficies cubiertas de agua antes del anegamiento, dado que por lo general no se dispone de datos de superficie en los que no se incluyan esas áreas previamente anegadas.

Emisiones de CO₂

El método de la Sección 3.5.2.2 para estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa viva sobre el suelo por efecto de la conversión de las tierras en tierras anegadas presupone que toda la biomasa sobre el suelo es convertida en CO₂ durante el primer año posterior a la conversión. En realidad, la parte de biomasa sobre el suelo que queda en el lugar antes del anegamiento se descompondrá más lentamente. La descomposición del carbono del suelo contribuirá también a las emisiones, y la Ecuación 3a.3.8 proporciona un método del Nivel 1 en relación con este tipo de emisiones de CO₂:

¹ La biomasa sobre agua es la biomasa de los árboles no sumergidos por el anegamiento, y especialmente la ubicada en zonas anegadas poco profundas (Fearnside, 2002).

ECUACIÓN 3a.3.8
EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ HH aneg} = P \bullet E(\text{CO}_2)_{\text{dif}} \bullet S_{\text{aneg, superficie total}}$$

Donde:

Emisiones de CO₂ HH aneg = emisiones totales de CO₂ procedentes de tierras anegadas, en Gg de CO₂ año⁻¹

P = período, en días (por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anual)

E(CO₂)_{dif} = emisiones difusivas diarias medias, en Gg de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹

S_{aneg, superficie total} = superficie anegada total, incluidas las tierras anegadas, los lagos anegados y las crecidas de ríos, en ha

El método de estimación del CO₂ es simple: la única vía de emisiones que se estima en el Nivel 1 es la emisión difusiva durante los períodos sin hielo y con hielo. Las emisiones de CO₂ en burbujas no son importantes. El supuesto por defecto consiste en que las emisiones de CO₂ no durarían más de unos 10 años después del anegamiento.

Las emisiones de CO₂ estimadas mediante la Ecuación 3a.3.8 son muy inciertas, y dependerán de las condiciones específicas del lugar (en particular, del tipo de suelos). La Ecuación 3a.3.8 puede inducir a sobreestimar las emisiones cuando se utilice junto con la Ecuación 3.5.6 de la Sección 3.5.2.2. Si los países utilizan un método del Nivel 2, podrán representar más exactamente el perfil temporal adecuado de las emisiones de CO₂ después del anegamiento. Se ofrecen a continuación orientaciones con respecto a los métodos del Nivel 2.

Emisiones de CH₄

El método del Nivel 1 para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de tierras anegadas incluye las vías difusiva y en burbujas (Ecuación 3a.3.9):

ECUACIÓN 3a.3.9
EMISIONES DE CH₄ PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ HH aneg} = P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{dif}} \bullet S_{\text{aneg, superficie total}} + P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{burbuja}} \bullet S_{\text{aneg, superficie total}}$$

Donde:

Emisiones de CH₄ HH aneg = emisiones totales de CH₄ procedentes de tierras anegadas, en Gg de CH₄ año⁻¹

P = período, en días (por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anual)

E(CH₄)_{dif} = emisiones difusivas diarias medias, en Gg de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

E(CH₄)_{burbuja} = emisiones en burbujas medias, en Gg de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

S_{aneg, superficie total} = superficie anegada total, incluidas las tierras anegadas, los lagos anegados y las crecidas de los ríos, en ha

Emisiones de N₂O

El método del Nivel 1 para estimar las emisiones de N₂O procedentes de tierras anegadas incluye únicamente la vía difusiva. Las emisiones de N₂O asociadas a la vía de burbujas no son importantes (Ecuación 3a.3.10):

ECUACIÓN 3a.3.10
EMISIONES DE N₂O PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O HH aneg} = P \bullet E(\text{N}_2\text{O})_{\text{dif}} \bullet S_{\text{aneg, superficie total}}$$

Donde:

Emisiones de N₂O HH aneg = emisiones totales de N₂O procedentes de tierras anegadas, en Gg de N₂O año⁻¹

P = período, en días (por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anual)

E_f(N₂O)_{dif} = emisiones difusivas diarias medias, en Gg de N₂O ha⁻¹ día⁻¹

S_{aneg, superficie total} = superficie anegada total, incluidas las tierras anegadas, los lagos anegados y las crecidas de los ríos, en ha

Nivel 2

Emisiones de CO₂

En el Nivel 2, las emisiones de CO₂ procedentes de los embalses pueden estimarse con arreglo a la Ecuación 3a.3.11. Las emisiones de CO₂ procedentes de tierras anegadas deberían estimarse sólo durante los primeros 10 años después del anegamiento cuando se utilicen métodos del Nivel 2 ó 3, a menos que las investigaciones específicas del país indiquen otra cosa.

Según la cantidad de datos de que se disponga, tanto las emisiones difusivas como las desgasificantes pueden estimarse en el Nivel 2. Para estimar las emisiones difusivas pueden utilizarse factores de emisión por defecto, o pueden desarrollarse factores específicos del país. Para estimar las emisiones desgasificantes son necesarios factores específicos del país. La estimación de las emisiones difusivas puede ampliarse también para diferenciar entre los períodos en que los embalses están exentos de hielo y los períodos en que están cubiertos de hielo. Se podría conseguir con ello una mejora importante de la exactitud en comparación con los países de climas más fríos. Si se dispone de los datos apropiados podrá utilizarse la superficie de las tierras anegadas en lugar de la superficie anegada total. La superficie anegada puede desglosarse por zonas climáticas.

ECUACIÓN 3a.3.11

EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 2)

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ HH aneg} = (P_f \bullet E_f(\text{CO}_2)_{\text{dif}} \bullet S_{\text{aneg, tierra}}) + (P_i \bullet E_i(\text{CO}_2)_{\text{dif}} \bullet S_{\text{aneg, tierra}}) + (([\text{CO}_2]_{\text{dis}} - [\text{CO}_2]_{\text{equ}}) \bullet \text{Caudal efluente} \bullet 10^{-6}) + (([\text{CO}_2]_{\text{aliviadero}} - [\text{CO}_2]_{\text{equ}}) \bullet \text{Aliviadero} \bullet 10^{-6})$$

Donde:

Emisiones de CO₂ HH aneg = emisiones totales de CO₂ procedentes de tierras anegadas, en Gg de CO₂ año⁻¹

P_f = período sin hielo, en días

P_i = período con capa de hielo, en días

E_f(CO₂)_{dif} = emisiones difusivas diarias medias procedentes de la interfaz aire-agua durante el período sin hielo, en Gg de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹

E_i(CO₂)_i = emisiones difusivas vinculadas al período con capa de hielo, en Gg de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹

S_{aneg, tierra} = superficie de tierra anegada, en ha

[CO₂]_{dis} = concentraciones medias de CO₂ antes de llegar a las turbinas (profundidad de la toma de agua), en kg l⁻¹

[CO₂]_{equ} = concentraciones medias de CO₂ disuelto corriente abajo de la presa en equilibrio con la atmósfera, en kg l⁻¹

[CO₂]_{aliviadero} = concentraciones medias de CO₂ antes del aliviadero (profundidad de la toma de agua), en kg l⁻¹

Caudal efluente = caudal saliente anual medio en las turbinas por cada embalse hidroeléctrico, en l año⁻¹

Aliviadero = caudal saliente anual medio en el aliviadero, por cada embalse hidroeléctrico, en l año⁻¹

Emisiones de CH₄

El Nivel 2 puede ampliar el Nivel 1 sustituyendo los valores por defecto por factores de emisión específicos del país, reflejando las diferencias en las emisiones difusivas y de burbujas durante los períodos en que los embalses están exentos de hielo o cubiertos de hielo (para los países de las zonas climáticas "boreales, muy húmedas"), incluyendo (si se dispone de datos) las emisiones desgasificantes procedentes de caudales efluentes y de aliviaderos (en su mayoría, embalses hidroeléctricos), y corrigiendo las estimaciones de área con respecto a la superficie de tierra anegada. La superficie de tierra anegada puede desglosarse también por zonas climáticas. El Nivel 2 se describe mediante la Ecuación 3a.3.12:

ECUACIÓN 3a.3.12

EMISIONES DE CH₄ PROCEDENTES DE TIERRAS ANEGADAS (NIVEL 2)

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ HH aneg} = (P_f \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{dif}} \bullet S_{\text{aneg, tierra}}) + (P_i \bullet E(\text{CH}_4)_b \bullet S_{\text{aneg, tierra}}) + P_i \bullet (E_i(\text{CH}_4)_{\text{dif}} + E_i(\text{CH}_4)_{\text{burbuja}}) \bullet S_{\text{aneg, tierra}} + (([\text{CH}_4]_{\text{dis}} - [\text{CH}_4]_{\text{equ.}}) \bullet \text{Caudal efluente} \bullet 10^{-6}) + (([\text{CH}_4]_{\text{aliviadero}} - [\text{CH}_4]_{\text{equ.}}) \bullet \text{Aliviadero} \bullet 10^{-6})$$

Donde:

Emisiones de CH₄ HH aneg = emisiones totales de CH₄ procedentes de tierras anegadas, por año, en Gg de CH₄ año⁻¹

P_f = período sin hielo, en días

P_i = período con capa de hielo, en días

E(CH₄)_{dif} = emisiones difusivas diarias medias procedentes de la interfaz aire-agua, en Gg de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

E(CH₄)_{burbuja} = emisiones en burbujas medias procedentes de la interfaz aire-agua, en Gg de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

S_{aneg, tierra} = Superficie de tierra anegada, en ha

[CH₄]_{dis} = concentraciones medias de CH₄ antes de llegar a las turbinas (profundidad de la toma de agua), en kg l⁻¹

[CH₄]_{equ.} = concentraciones medias de CH₄ disuelto corriente abajo de la presa o en equilibrio con la atmósfera, en kg l⁻¹

[CH₄]_{aliviadero} = concentraciones medias de CH₄ antes del aliviadero (profundidad de la toma de agua), en kg l⁻¹

Caudal efluente = caudal efluente anual medio en litros en las turbinas, por cada embalse hidroeléctrico, en l año⁻¹

Aliviadero = caudal anual medio en litros en el aliviadero, por cada embalse hidroeléctrico, en l año⁻¹

Emisiones de N₂O

En el Nivel 2, el método para estimar las emisiones de N₂O procedentes de tierras anegadas es el mismo que el de la Ecuación 3a.3.10, con la diferencia de que pueden utilizarse factores de emisión específicos del país, y (cuando se disponga de datos) deberían utilizarse superficies de tierra anegadas en lugar de superficies anegadas totales.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 para estimar las emisiones del conjunto de gases son de mayor alcance y pueden incluir datos adicionales específicos del país, como las emisiones procedentes de la biomasa sobre agua. El Nivel 3 obliga a distinguir entre emisiones procedentes de la degradación de la materia orgánica sumergida y de la descomposición de la materia orgánica procedente de la cuenca.

ELECCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN

Los valores por defecto clave necesarios para aplicar el método del Nivel 1 son los factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O por vía difusiva, y un factor de emisión de CH₄ por vía de burbujas. El Cuadro 3a.3.5 contiene factores de emisión por defecto para varias zonas climáticas que pueden utilizarse en el Nivel 1. Tales factores de emisión integran variaciones espaciales y temporales de las emisiones procedentes de los embalses, así como flujos en la interfaz aire-agua de ellos. Todos los datos por defecto han sido obtenidos de mediciones efectuadas en embalses hidroeléctricos o para el control de crecidas. En el Nivel 1, los factores de emisión correspondientes al período sin hielo deberían utilizarse durante todo el año.

En el Nivel 2, además de los factores anteriormente indicados se necesitan datos sobre las concentraciones de CH₄ en diversos puntos aguas arriba y abajo de la presa para estimar las emisiones desgasificantes. En la medida de lo posible, deberían utilizarse emisiones específicas del país en lugar de factores por defecto. Es previsible que se utilice una combinación de valores por defecto y factores de emisión específicos del país cuando estos últimos no reflejen en su totalidad las condiciones medioambientales y de gestión. El desarrollo de factores de emisión específicos del país se examina en el Recuadro 3a.3.1. La obtención de factores específicos del país debería documentarse claramente y, si fuera posible, aparecer en publicaciones revisadas por homólogos. Las orientaciones del Recuadro 3a.3.1 son aplicables también a la obtención de factores de emisión en el Nivel 3.

CUADRO 3A.3.5				
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LOS EMBALSES				
Clima	Emisiones difusivas (período sin hielo)			Referencias
	$E_f(\text{GEI})_{\text{dif}} (\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1})$			
	CH ₄	CO ₂	N ₂ O	
Boreal, muy húmedo	0,11 ± 88%	15,5 ±56%	0,008 ±300%	Duchemin, 2000; Huttunen <i>et al.</i> , 2002; Schellhase, 1994, Duchemin <i>et al.</i> , 1999
Templado, muy húmedo	0,2 ±55%	9,3 ±55%	nm	Duchemin, 2000; Duchemin 2002a, St-Louis <i>et al.</i> , 2000; Smith y Lewis, 1992
Templado cálido, seco	0,063 ± 0,032	-3,1 ±3,6	nm	Duchemin 2002b
Templado cálido, muy húmedo	0,096 ±0,074	13,2 ±6,9	nm	Duchemin 2002b
Tropical, muy húmedo	0,64 ±330%	60,4 ±145%	0,05 ±100%	Keller et Stallard, 1994; Galy-Lacaux <i>et al.</i> , 1997; Duchemin <i>et al.</i> , 2000; Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002
Tropical, húmedo-temporada seca larga	0,31 ±190%	11,65 ±260%	nm	Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002; Dos Santos, 2000
Tropical, húmedo-temporada seca corta	0,44 ±465%	35,1 ±290%	nm	Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002; Dos Santos, 2000
Tropical, seco	0,3 ±115%	58,7 ±270%	nm	Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002; Dos Santos, 2000
Emisiones en burbujas (período sin hielo)				
$E_f(\text{GEI})_{\text{burbuja}} (\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1})$				
Boreal, muy húmedo	0,29 ±160%	ns	ns	Duchemin, 2000, Huttunen <i>et al.</i> , 2002; Schellhase, 1994
Templado frío, muy húmedo	0,14 ±70%	ns	ns	Duchemin, 2002a; St-Louis <i>et al.</i> , 2000; Smith y Lewis, 1992
Tropical, muy húmedo	2,83 ±45%	ns	ns	Galy-Lacaux <i>et al.</i> , 1997; Duchemin <i>et al.</i> , 2000; Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002
Tropical, húmedo-temporada seca larga	1,9 ±155%	ns	ns	Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002
Tropical, húmedo-temporada seca corta	0,13 ±135%	ns	ns	Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002
Tropical, seco	0,3 ±324%	ns	ns	Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002
Emisiones asociadas al período de cubierta de hielo				
$E_i(\text{GEI})_{\text{dif}} + E_i(\text{GEI})_{\text{burbuja}} (\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1})$				
Boreal, muy húmedo	0,05 ±60%	0,45 ±55%	nm	Duchemin, 2000; Duchemin <i>et al.</i> , 2002a

ns : no significativo, nm: no medido

ELECCIÓN DE DATOS DE ACTIVIDAD

Para estimar las emisiones en tierras anegadas pueden ser necesarios diferentes tipos de datos de actividad, según el nivel que se utilice y la zona climática. En el Nivel 1, la superficie anegada total es necesaria en todos los casos. En el Nivel 2 hay datos de actividad adicionales, como el período en que los embalses están cubiertos o exentos de hielo en regiones boreales muy húmedas, así como los caudales del caudal efluente hidroeléctrico y los aliviaderos y superficies de tierras anegadas.

Superficie de tierra anegada

Idealmente, los datos de las superficies anegadas deberían obtenerse de los organismos nacionales. Si no se dispusiera de tales datos, en el Cuadro 3a.3.6 figura información sobre la superficie anegada total que puede utilizarse para estimar las emisiones en el Nivel 1. El Cuadro incluye solamente superficies de tierras anegadas que existían antes de 1990.

En el Nivel 2 se necesita conocer la superficie de tierra anegada para estimar las emisiones difusivas y en burbujas. Esos datos pueden frecuentemente obtenerse de empresas hidroeléctricas. También, los países pueden obtener los valores de las superficies de tierra anegadas mediante un análisis de la cuenca de drenaje, o en las bases de datos de los embalses nacionales.

CUADRO 3a.3.6 DATOS DE SUPERFICIE POR DEFECTO DE LOS EMBALSES		
	ICOLD	Datos específicos del país
País	Superficie (Mha)	Superficie (Mha)
Rusia	7,32	7,96
Estados Unidos	---	6,98
Canadá	0	6,5
China	---	5,8
India	4,57	---
Brasil	0,69	3,98
Finlandia	0,73	---
Tailandia	0,71	---
Egipto	0,70	---
Australia	0,66	---
México	0,60	---
Zimbabwe	0,59	---
Venezuela	0,58	---
Turquía	0,56	---
Argentina	0,50	---
Côte d'Ivoire	0,29	---
Nueva Zelandia	0,21	---

Malik *et al.*, 2000; US Army Corps Dams Database 1996; WCD, 2001; ICOLD 1998. Environment Canada Reservoir Database (Duchemin, 2002a); Dos Santos, 2000.

Período sin capa de hielo/período con capa de hielo

En los Niveles 2 y 3, los períodos en que los embalses están exentos de hielo o cubiertos de hielo son datos necesarios para estimar las emisiones difusivas y en burbujas de CH₄. Tales datos pueden obtenerse de los servicios meteorológicos nacionales o de las empresas hidroeléctricas.

Volumen de caudal efluente/aliviadero

En el Nivel 2 hay que conocer los volúmenes de caudal efluente y del aliviadero respecto de las tierras anegadas para estimar las emisiones desgasificantes de CH₄. Estos datos pueden obtenerse de las empresas hidroeléctricas. Los flujos desgasificantes suelen ser una particularidad de los embalses hidroeléctricos.

En el Nivel 3 se necesita un mayor volumen de datos que permita introducir modelizaciones complejas de la evolución de las emisiones. Por lo general, tales datos pueden recopilarse en un inventario nacional de embalses. Tal inventario debería abarcar todo tipo de embalses, así como datos y/o información sobre los nombres, tipos, superficies, profundidades, caudal efluente, concentración de gases en los embalses antes y después de pasar por las turbinas, condiciones climáticas, pH del agua, fondo geológico, tipo de ecorregión, y coordenadas geográficas (Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 1995; Tavares de Lima, 2002; Duchemin *et al.*, 1999; Duchemin, 2002a).

Concentraciones de CO₂ y de CH₄ aguas arriba y aguas abajo de las presas

En los Niveles 2 y 3, las concentraciones de CH₄ aguas arriba y aguas abajo de las presas serían un dato necesario para estimar las emisiones desgasificantes. Estos datos pueden obtenerse como se indica en Fearnside (2002), Galy-Lacaux *et al.* (1997) y Duchemin (2002b).

RECUADRO 3a.3.1 OBTENCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DEL PAÍS

En términos generales, los factores de emisión específicos del país se obtienen midiendo las emisiones por categorías de subfuente (es decir, por superficie de tierras anegadas, por edad de las tierras anegadas, o por tipos de gestión, por ejemplo hidroeléctrica, agrícola, o de regulación de agua). Los niveles de emisión varían ampliamente de un embalse a otro en función de factores tales como: superficie, tipo de ecosistemas anegados, profundidad y forma del embalse, clima local, basamento geológico, modo de funcionamiento del embalse, y características ecológicas y físicas de la cuenca fluvial represada. Las emisiones pueden variar también ampliamente de uno a otro lugar de un mismo embalse (en gran medida, en función de la variación de la profundidad, de la exposición al viento y al sol, y del crecimiento de plantas acuáticas), de un año a otro, de una estación a otra e, incluso, entre el día y la noche (Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 1995; Tavares de Lima, 2002; Duchemin *et al.*, 1999; Duchemin, 2002a).

Para que los factores de emisión sean representativos de las condiciones medioambientales y de gestión del país, deberían efectuarse mediciones en diferentes regiones de tierras anegadas de un país, en todas las estaciones y, si procediese, en diferentes regiones geográficas y para diferentes regímenes de gestión (Duchemin *et al.*, 1999, Duchemin *et al.*, 2002a). Una elección apropiada de las regiones o de los regímenes permitiría reducir el número de ubicaciones que habrá que muestrear para obtener una estimación de flujo fiable. Los mapas, los datos de teledetección, o una base de datos sobre los embalses pueden proporcionar una base útil para efectuar una delimitación utilizando la variabilidad de un sistema o de un paisaje. Podría haber errores de totalización si las mediciones disponibles no abarcan todas las condiciones medioambientales y de gestión de las tierras anegadas, o la variabilidad climática interanual. Los modelos de simulación validados, calibrados y bien documentados pueden ser útiles para desarrollar factores de emisión medios en base a los datos de medición (Duchemin, 2000).

Con respecto al período de frecuencia de las mediciones, la medición de las emisiones debería efectuarse durante un año completo y, preferiblemente, durante una serie de años, a fin de reflejar las diferencias en cuanto a las condiciones meteorológicas, a la variabilidad climática interanual y a la evolución de las tierras anegadas (Scott *et al.*, 1999; Duchemin, 2000; Tavares de Lima, 2002). Se encontrará una buena descripción de las técnicas de medición disponibles en Duchemin *et al.* (1995), Galy-Lacaux *et al.* (1997), Duchemin (2000), Fearnside (2002) y Duchemin *et al.* (2002b).

Para conseguir factores de emisión exactos con respecto a las emisiones difusivas y en burbujas, habría que observar a lo largo del tiempo ubicaciones representativas de factores que pudieran influir en la variabilidad anual e interanual de las emisiones. Algunos de esos factores son la profundidad y la variación del nivel de agua, la temperatura del agua, y la velocidad del viento. Los factores de emisión desgasificante pueden variar con la temperatura del agua, circunstancia que debería medirse aguas arriba de las turbinas y aguas abajo de la presa, de modo que pueda establecerse la correlación para los métodos de los niveles superiores.

La frecuencia de medición debería ser coherente con la frecuencia de los factores que influyen en la variabilidad anual e interanual. Es probable que las emisiones varíen de una región geográfica a otra, especialmente entre diferentes ecorregiones, zonas climáticas y basamentos geológicos.

En general, los factores de emisión se determinan a partir del valor medio de las emisiones en ubicaciones representativas. Para ello, habrá que tener en cuenta la importancia de cada zona geográfica y de cada período estacional en relación con el país.

3a.3.3.2 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Las dos fuentes de incertidumbre mayores al estimar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de embalses se derivan de los factores de emisión a lo largo de las distintas vías (difusiva, en burbujas y desgasificante) y a las estimaciones de superficie de los embalses.

Factores de emisión: La media diaria de las emisiones difusivas, obtenida de mediciones *in situ*, varía en un orden de magnitud para el CH₄, y en un factor de 5 para el CO₂ y el N₂O (Cuadro 3a.3.4). Además, la media diaria de las emisiones en burbujas de CH₄ varía en más de un orden de magnitud. La utilización de mediciones por defecto para diferentes tipos de embalses y en otras regiones conllevará también incertidumbres. Además, la mayoría de las mediciones de flujo para los gases de efecto invernadero se realizan en embalses hidroeléctricos, de manera que los otros tipos de embalse no están incluidos en la estimación de las emisiones por defecto.

Superficie de tierra anegada: Debería disponerse de información sobre la superficie anegada que permanece en los embalses de mayor tamaño, con una probabilidad de incertidumbre muy pequeña. Sin embargo, puede ser más difícil obtener información sobre la superficie de tierra anegada y la probabilidad de incertidumbre será algo mayor especialmente en los países que carecen de grandes embalses o que sólo tienen un pequeño número de embalses hidroeléctricos. Puede ser también difícil obtener información detallada sobre la ubicación, el tipo y la función de las presas menores, aunque es posible realizar inferencias estadísticas basándose en la distribución de tamaños de los embalses cuyos datos se conocen. Además, los embalses responden a diversos fines, lo cual, a su vez, influye en la disponibilidad de datos.

3a.3.3.3 EXHAUSTIVIDAD

Un inventario completo debería abarcar todas las tierras anegadas. Se sugiere mantener una contabilidad completa de las superficies, estratificadas en función de los climas y zonas de ecosistema principales, y en función de sus fines.

3a.3.3.4 ELABORACIÓN DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En la Sección 5.6 se dan orientaciones generales sobre la coherencia de las series temporales (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos). El método de estimación de las emisiones debería aplicarse de manera coherente a cada uno de los años de la serie temporal, con el mismo nivel de desglose. Además, cuando se utilicen datos específicos del país, el organismo encargado del inventario nacional debería utilizar los mismos protocolos de medición (estrategias de muestreo, métodos, etc.). Si no fuera posible utilizar un mismo método o protocolo de medición a lo largo de la serie temporal, deberían seguirse las orientaciones del Capítulo 5 sobre la realización de nuevos cálculos. Deberían explicarse las diferencias en las emisiones de gases de efecto invernadero de un año de inventario a otro, por ejemplo evidenciando las variaciones en las áreas de tierras anegadas, o utilizando factores de emisión actualizados. Deberían realizarse comprobaciones de la coherencia (p. ej., contactando con empresas hidroeléctricas) a fin de reunir información temporal sobre las áreas afectadas por anegamientos anteriores o futuros.

3a.3.3.5 PRESENTACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Sería apropiado documentar y archivar toda la información necesaria para obtener las estimaciones de los inventarios nacionales. La información adicional siguiente es particularmente importante para documentar esa categoría de fuentes:

Factores de emisión: Deberían indicarse las fuentes de los factores de emisión y de los parámetros utilizados (es decir, los valores por defecto del IPCC u otros). Si se han utilizados factores de emisión y parámetros específicos del país o de la región, y si se han utilizado también métodos nuevos (distintos de los métodos por defecto del IPCC), el fundamento científico de estos factores de emisión, parámetros y modelos debería estar bien documentado. Para ello, habrá que definir los parámetros de aporte y describir el proceso mediante el cual se han obtenido los factores de emisión, los parámetros y los modelos, así como las fuentes y la magnitud de las incertidumbres.

Datos de actividad: Las fuentes de todos los datos de actividad utilizados para los cálculos deberían estar documentadas (es decir, habría que indicar con detalle las bases de datos estadísticos de las que se han obtenido, y ponerse en contacto con empresas del sector). Cuando no se disponga de datos de actividad directamente de las bases de datos o cuando se combinen varios conjuntos de datos, deberían describirse la información, los supuestos y los procedimientos utilizados para obtener los datos de actividad. Tal documentación debería incluir la frecuencia de recopilación y de estimación de los datos, así como estimaciones de grado de exactitud y de precisión.

Resultados de las emisiones: Deberían explicarse las fluctuaciones importantes de las emisiones entre un año y otro. Debería establecerse una distinción entre las variaciones de los niveles de actividad y las variaciones de los factores de emisión, parámetros y métodos de un año a otro, y deberían documentarse las razones de esas

variaciones. Si se utilizan factores de emisión, parámetros y métodos diferentes en años diferentes, deberían explicarse y documentarse las razones.

3a.3.3.6 GC/CC DEL INVENTARIO

Sería apropiado efectuar verificaciones de garantía de la calidad/control de la calidad (GC/CC) como se indica en el Capítulo 5 (Sección 5.5), y someter a revisiones por expertos las estimaciones de emisión. Dada la escasez de datos, tales revisiones deberían efectuarse con regularidad, a fin de reflejar nuevos resultados de las investigaciones. Cabría también hacer verificaciones de control de la calidad adicionales, como se indica en los procedimientos del Nivel 2, Capítulo 8, GC/CC, de *OBP2000*, así como aplicar procedimientos de garantía de la calidad, particularmente si se utilizan métodos de niveles superiores para cuantificar las emisiones procedentes de esa categoría de fuente. Cuando se utilicen factores de emisión específicos del país, éstos deberían basarse en datos experimentales de alta calidad, desarrollados mediante un programa de mediciones riguroso, y debidamente documentados.

En el momento actual no es posible cotejar con mediciones externas las estimaciones de las emisiones procedentes de tierras anegadas. Sin embargo, el organismo encargado del inventario debería asegurarse de que las estimaciones de las emisiones son objeto de un control de la calidad mediante:

- Comparación de los factores de emisión específicos del país notificados con los valores por defecto y con datos de otros países;
- Comparación de las áreas de tierras anegadas con datos de las empresas hidroeléctricas, con la base de datos de la Comisión Internacional de Grandes Presas, y con los datos enviados para los inventarios de seguridad física de las presas nacionales.

Apéndice 3a.4 Asentamientos: Fundamentos del desarrollo metodológico futuro

En el Apéndice 3a.4 se expone un método básico para estimar las emisiones y absorciones de carbono por los árboles de los asentamientos. Esta categoría de uso de la tierra se examinó en el Manual de referencia de las *Directrices del IPCC*, en la Sección 5.2 (Variación de las reservas en la biomasa de los bosques y en otra biomasa boscosa). Esta metodología abarca la subcategoría de variación de las reservas de carbono en la biomasa viva. Por el momento no se dispone de información suficiente para desarrollar una metodología básica con los datos por defecto para estimar la contribución de la materia orgánica muerta y de los suelos a las emisiones y absorciones de CO₂ en asentamientos.

3a.4.1 Asentamientos que siguen siendo asentamientos

La categoría de asentamientos que siguen siendo asentamientos abarca todo tipo de formaciones de árboles urbanos, principalmente en calles, jardines o parques, o en tierras que han sido utilizadas como asentamientos (por ejemplo, áreas funcional o administrativamente asociadas a ciudades, pueblos, etc.) desde el último período de recopilación de datos. Las emisiones y absorciones de CO₂ en esta categoría se estiman mediante una sola subcategoría de variación de las reservas de carbono en la biomasa, como se resume en la Ecuación 3a.4.1.

ECUACIÓN 3a.4.1
ECUACIÓN RESUMIDA DE LA VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN ASENTAMIENTOS
QUE SIGUEN SIENDO ASENTAMIENTOS

$$\Delta C_{AA} = \Delta C_{AA_{BV}}$$

Donde:

ΔC_{AA} = variación de las reservas de carbono en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

$\Delta C_{AA_{BV}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

3a.4.1.1 VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA

3A.4.1.1.1 CUESTIONES METODOLÓGICAS

Al estimar las emisiones asociadas a los asentamientos, se supondrá que la variación de las reservas de carbono se produce sólo en la biomasa arbórea. La variación de las reservas de carbono en la biomasa arbustiva no se considerará, dado que son escasos los datos sobre la vegetación arbustiva. Sin embargo, si hubiera datos de actividad y valores de parámetros para las especies de arbustos, su efecto sobre las emisiones y absorciones de CO₂ podrá estimarse utilizando un método del Nivel 2 o del Nivel 3. Tampoco se considerarán las plantas de césped u ornamentales de los parques y jardines, dado que no se dispone de información suficiente.

Se dispone de pocos datos para estimar la absorción de carbono por los árboles de los asentamientos. Novak y Crane (2002) han estimado en 23 millones de toneladas de C año⁻¹ la absorción de carbono por los árboles de los asentamientos en los Estados Unidos. Si se exceptúa una evaluación de la capacidad de sumidero de los árboles urbanos en Sydney (Brack, 2002), no existen estudios similares para otras regiones del mundo. Los métodos descritos en esta sección están basados en investigaciones realizadas principalmente en ciudades de los Estados Unidos. Son útiles como primera aproximación para evaluar las emisiones y absorciones netas de CO₂ por los árboles urbanos. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que se necesitan datos adicionales para otras regiones, con objeto de desarrollar un método totalmente generalizado.

El método general permite estimar la variación de las reservas de carbono en la biomasa como consecuencia del crecimiento de los árboles, descontando las pérdidas de reservas de carbono en la biomasa por efecto de la poda y de la mortalidad. En función de la magnitud del crecimiento y de las pérdidas, la variación resultante anual media de las reservas de carbono en la biomasa viva pueden ser positivas o negativas.

Este método se indica en la Ecuación 3a.4.2.

ECUACIÓN 3a.4.2
VARIACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA EN ASENTAMIENTOS QUE SIGUEN SIENDO ASENTAMIENTOS

$$\Delta C_{AA_{BV}} = \Delta C_{AA_C} - \Delta C_{AA_p}$$

Donde:

$\Delta C_{AA_{BV}}$ = variación de las reservas de carbono en la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

ΔC_{AA_C} = variación de las reservas de carbono por efecto del crecimiento de la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

ΔC_{AA_p} = variación de las reservas de carbono por efecto de las pérdidas de biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

3a.4.1.1.1 Elección del método

En función de la disponibilidad de datos apropiados, podrá utilizarse cualquiera de los niveles descritos a continuación. Ambos están basados en la misma metodología (crecimiento menos pérdidas) de la Sección 3.2.1.1, tal como se indica en la Ecuación 3a.4.2.

Nivel 1: En el Nivel 1 existen dos opciones para estimar las variaciones de la biomasa viva en asentamientos que siguen siendo asentamientos. En el Nivel 1a se utiliza la variación de las reservas de carbono por unidad de superficie de la cubierta de copas como factor de absorción, y en el Nivel 1b se utiliza la variación de las reservas de carbono por número de árboles como factor de absorción. El método elegido dependerá de la disponibilidad de datos de actividad.

Nivel 1a: Método de la superficie de la cubierta de copas

Este método está representado en la Ecuación 3a.4.3A, y debería utilizarse cuando se disponga de datos sobre la superficie total de la cubierta de copas en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

ECUACIÓN 3a.4.3A
CRECIMIENTO DE LA BIOMASA ANUAL BASADO EN LA SUPERFICIE TOTAL DE LA CUBIERTA DE COPAS

$$\Delta B_{AA_C} = (S_{COPAS} \bullet CCOP)$$

Donde:

ΔB_{AA_C} = crecimiento de la biomasa anual en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

S_{COPAS} = superficie total de la cubierta de copas, en ha

$CCOP$ = tasa de crecimiento basada en la superficie de la cubierta de copas, en toneladas de C (ha de cubierta de copas)⁻¹ año⁻¹

Este método puede aplicarse en tres etapas:

Etapas 1: Estimar la superficie total de la cubierta de copas en todos los asentamientos que siguen siendo asentamientos.

Etapas 2: Multiplicar la superficie total de la cubierta de copas por el factor de absorción por defecto apropiado de $CCOP$ (véase la Sección 3a.4.1.1.2) para obtener ΔB_{AA_C} .

Etapas 3: Utilizar la estimación de ΔB_{AA_C} en la Ecuación 3a.4.2. Además, establecer $\Delta B_{AA_p} = 0$ si la edad media de la población de árboles es inferior o igual a 20 años; en otro caso, suponer que

$$\Delta B_{AA_C} = \Delta B_{AA_p} \text{ (véase la Sección 3a.4.1.1.2).}$$

Nivel 1b: Método de la tasa de crecimiento de árboles

Este método está representado en la Ecuación 3a.4.3B, y debería utilizarse cuando se disponga de datos sobre el número de árboles por clases de especies genéricas en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

ECUACIÓN 3a.4.3B
CANTIDAD ANUAL DE CRECIMIENTO DE LA BIOMASA, BASADA EN EL NÚMERO DE ÁRBOLES, POR CLASES DE ESPECIES GENÉRICAS

$$\Delta B_{AA_C} = \sum_{i=1}^n (NA_i \bullet C_{Tasa_i})$$

Donde:

ΔB_{AA_C} = crecimiento de la biomasa anual en asentamientos que siguen siendo asentamientos, en toneladas de C año⁻¹

NA_i = número de árboles de la clase de especies genérica i ;

C_{Tasa_i} = tasa media anual de acumulación de carbono por árbol de la clase de especies genérica i , en toneladas de C año⁻¹ · (número de árboles)⁻¹

CUADRO 3A.4.1 VALOR POR DEFECTO EN EL NIVEL 1b DEL VALOR MEDIO DE ACUMULACIÓN ANUAL DE CARBONO POR ÁRBOL (EN TONELADAS DE C AÑO⁻¹) EN ÁRBOLES URBANOS, POR CLASES DE ESPECIES	
Clase de especies genérica	Valor por defecto de la acumulación anual de carbono por árbol (en toneladas de C año ⁻¹)
Álamo	0,0096
Arce de tronco blando	0,0118
Madera dura (varias)	0,0100
Arce de madera dura	0,0142
Enebro	0,0033
Cedro/alerce	0,0072
Abeto Douglas	0,0122
Abeto/falso abeto	0,0104
Pino	0,0087
Píceas	0,0092
Fuente: D. Nowak (2002; comunicación personal)	

Este método puede aplicarse en cuatro etapas:

Etapas 1: Para cada clase de especies genérica, estimar el número de árboles en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

Etapas 2: Multiplicar cada estimación por la tasa apropiada de variación de carbono por árbol, para obtener la cantidad de carbono absorbido.

Etapas 3: Sumar las cantidades de carbono absorbidas por cada clase de especies genérica para todas las clases presentes en asentamientos que siguen siendo asentamientos.

Etapas 4: Utilizar la estimación de ΔB_{AA_C} en la Ecuación 3a.4.2. Además, establecer $\Delta B_{AA_P} = 0$ si la edad media de la población de árboles es inferior o igual a 20 años; en otro caso, suponer que $\Delta B_{AA_C} = \Delta B_{AA_P}$ (véase la Sección 3a.4.1.1.2).

Nivel 2: En el Nivel 2 pueden utilizarse, junto con los factores de absorción específicos del país (CCOP o C_{Tasa_i}), las ecuaciones básicas enunciadas en los Niveles 1a y 1b. Además de basarse en datos específicos del país, los métodos del Nivel 2 pueden desglosar los asentamientos por regiones climáticas, con objeto de aplicar a los datos unos factores de absorción más pormenorizados. Debería estimarse explícitamente la pérdida de biomasa (ΔB_{AA_P}), en lugar de apoyarse en supuestos por defecto. En niveles superiores, las estimaciones de la variación

de las reservas de carbono en los asentamientos pueden contener también subcategorías adicionales, como la biomasa bajo el suelo, la materia orgánica muerta o la materia orgánica del suelo.

Dado el carácter preliminar de esta metodología, no se ofrece un método explícito para el Nivel 3. Sin embargo, los países pueden optar por desarrollar metodologías de estimación de orden superior, siempre y cuando conlleven una mayor certidumbre en la estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en los asentamientos.

3a.4.1.1.1.2 Elección de factores de emisión/absorción

En el Nivel 1a, el factor de absorción es el término CCOP de la Ecuación 3a.4.3A. Si se utiliza el Nivel 1a, habrá que aplicar un valor por defecto de CCOP de 2,9 toneladas de C (ha de cubierta de copas)⁻¹ año⁻¹. Esta estimación está basada en una muestra de ocho ciudades de los Estados Unidos, con valores que oscilan entre 1,8 y 3,4 toneladas de C (ha de cubierta de copas)⁻¹ año⁻¹ (Nowak, 2002).

En el Nivel 1b, el factor de absorción es C_{Tasai} en la Ecuación 3a.4.3B. Si se utiliza el Nivel 1b, se aplicarán los valores por defecto del Cuadro 3a.4.1 respecto de las tasas de acumulación de carbono para cada clase de especies genérica. Estas estimaciones están basadas en diversas ecuaciones alométricas y en datos directos limitados procedentes de áreas urbanas de los Estados Unidos.

En niveles superiores, los países deberían desarrollar factores de emisión adecuados a las circunstancias nacionales. Podrán utilizarse tasas por unidad de superficie o individualizadas. Las tasas de absorción específicas del país deberían estar basadas en las zonas climáticas predominantes y en las especies de árboles de las áreas de asentamientos de un país. Si se desarrollan tasas de absorción específicas del país para las estimaciones de materia seca de biomasa, las tasas deberían convertirse en unidades de carbono utilizando una fracción de carbono (FC) por defecto de 0,5 toneladas de carbono por tonelada de materia seca, o la fracción de carbono que se considere más apropiada para los datos específicos del país.

El valor por defecto $\Delta B_{AAP} = 0$ está basado en el supuesto de que los árboles urbanos son sumideros netos de carbono cuando crecen activamente, y en que el período activo de crecimiento es de aproximadamente 20 años, en función de la especie de árbol, de la densidad de la plantación, y de la ubicación (p. ej., árboles plantados a lo largo de avenidas o de parques, en lugares umbríos o soleados, etc.). Aunque las condiciones de crecimiento en parques y jardines sean buenas, se supondrá que el crecimiento y el estado de salud de los árboles más antiguos se deteriorará progresivamente a lo largo del tiempo debido a la dureza de las condiciones urbanas (p. ej., niveles de radiación relativamente bajos, contaminación del aire). Por consiguiente, el método está basado en el supuesto de que la acumulación de carbono en la biomasa disminuye con la edad y, por lo tanto, para los árboles de más de 20 años de edad se supondrá que los aumentos de carbono en la biomasa estarán compensados por las pérdidas causadas por la poda y la mortalidad. En términos conservadores, esto se expresa mediante $\Delta B_{AAC} = \Delta B_{AAP}$.

En niveles superiores, los supuestos con respecto a ΔB_{AAP} deberían evaluarse y modificarse para adecuarlos más a las circunstancias del país. Por ejemplo, los países pueden tener información sobre las pérdidas de carbono en función de la edad y/o específicas de la especie para los árboles de los asentamientos. En tal caso, los países deberían desarrollar un término de pérdida, y documentar los recursos y criterios utilizados para ello.

3a.4.1.1.1.3 Elección de datos de actividad

Los datos de actividad necesarios para aplicar un método del Nivel 1 son S_{COPAS} , es decir, la superficie de la cubierta de copas, o bien NA_i , es decir, el número de árboles de las clases de especies genéricas. En el Nivel 1a, los valores de superficie de la cubierta de copas (S_{COPAS}) pueden obtenerse mediante fotografías aéreas de áreas urbanas, con ayuda de personal especializado en la interpretación de imágenes, del muestreo de imágenes y de las mediciones de superficie (Nowak *et al.*, 1996). La cubierta de copas se define típicamente como el porcentaje de terreno cubierto por una proyección vertical del perímetro más externo de la extensión natural del follaje de las plantas. Es importante señalar que en la Ecuación 3a.4.3A se utiliza un término de superficie y no un valor porcentual. Para utilizarlo en la Ecuación 3a.4.3A, el porcentaje de cubierta de copas debería convertirse en un valor de superficie total multiplicando el valor porcentual de la cubierta de copas por la superficie total de árboles.

En el Nivel 1b, los registros de las poblaciones de árboles, desglosados en especies o en clases de especies genéricas, podrán obtenerse de los organismos municipales responsables de la vegetación urbana, o mediante métodos de muestreo.

En el Nivel 2, los datos de la población de árboles, desglosados en especies o en clases de especies genéricas, podrán obtenerse mediante un muestreo apropiado. A tal fin es posible adaptar los métodos de muestreo de área descritos en el Capítulo 5, Sección 5.3 (Muestreo).

3a.4.1.1.4 Evaluación de la incertidumbre

Hay dos fuentes principales de incertidumbre con los métodos básicos: la incertidumbre respecto de los factores de absorción, y la incertidumbre respecto de los datos de actividad. El factor de absorción por defecto del Nivel 1a, CCOP, tiene una incertidumbre de $\pm 50\%$ de la media. Los valores por defecto indicados para los factores de absorción del Nivel 1b tienen una incertidumbre general de $\pm 30\%$ de la media, sobre la base del dictamen de expertos. Los países necesitarán evaluar la incertidumbre de las estimaciones de superficie o del número de árboles utilizadas en los Niveles 1a ó 1b. Los datos de actividad de cada uno de los niveles metodológicos tienen en común el valor de la incertidumbre asociada a la delimitación de los asentamientos. Ese valor influye en los tamaños relativos de los tipos de uso de las tierras urbanas (p. ej., usos comerciales, residenciales, parques, etc.), que difieren en cuanto a la población de árboles y a la extensión de las superficies pavimentadas y construidas. La incertidumbre respecto de los datos de actividad dependerá del método utilizado para estimar la superficie de la cubierta de copas. La mayoría de los métodos están basados en la interpretación de fotografías aéreas, pero difieren en los métodos utilizados para muestrear tales fotografías. La incertidumbre relativa de las estimaciones de superficie de la cubierta de copas puede variar, en términos conservadores, entre $\pm 5\%$ y $\pm 20\%$ de la estimación media. La incertidumbre en los datos de actividad (número de árboles en cada clase de especies genérica) se deriva principalmente de los métodos de muestreo utilizados para estimar el tamaño de la población de árboles. Una estimación de incertidumbre conservadora oscilaría entre $\pm 15\%$ y $\pm 25\%$ del valor del número de árboles.

Las orientaciones generales para identificar, cuantificar y combinar las incertidumbres figuran en el Capítulo 5, Sección 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres).

3a.4.2 Exhaustividad

Para asegurar la exhaustividad de las estimaciones de emisión y absorción en asentamientos, es necesario incluir todos los asentamientos de un país o, al menos, aquellos cuyo tamaño excede de determinado umbral, así como las estimaciones de la totalidad de gases de efecto invernadero y de fuentes y sumideros relativos a los asentamientos.

En la actualidad, el desarrollo de una estimación completa de la variación de las reservas de carbono para esa categoría de uso de la tierra está limitado por la falta de estudios de ámbito mundial que proporcionen métodos de cuantificación y datos de parámetros por defecto. Sin embargo, dado que en la mayoría de los organismos municipales se dispone de datos, los métodos y metodologías expuestos anteriormente deberían permitir una contabilidad bastante completa de la variación de los depósitos de carbono en los asentamientos.

3a.4.3 Elaboración de una serie temporal coherente

En el Capítulo 5, Sección 5.6 (Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos) se ofrecen orientaciones para la elaboración de series temporales coherentes. Para desarrollar una serie temporal coherente respecto de la categoría de asentamientos que siguen siendo asentamientos se debería tratar de hacer un inventario periódico de los árboles de los asentamientos. Tal inventario podría hacerse anualmente, o por otros períodos fijos, y abarcaría, además del número de especies, una medición del tamaño de los árboles, por ejemplo en términos del diámetro medido a la altura del pecho (dbh), de modo que se pueda estimar el crecimiento a lo largo de múltiples períodos de muestreo. Deberían ser también objeto de atención las pérdidas de biomasa por poda y mortalidad, idealmente mediante un inventario periódico de los árboles de los asentamientos.

3a.4.4 Presentación de informes y documentación

Los países deberían documentar, en los cuadros de notificación, las estimaciones de las emisiones y absorciones por la biomasa de los asentamientos que siguen siendo asentamientos. La variación de las reservas de carbono (en toneladas de C año⁻¹), así como las emisiones/absorciones de CO₂ (en Gg de CO₂ año⁻¹), deberían incluirse en los cuadros de notificación. Es esencial señalar que, por convención, la variación de las reservas de carbono es positiva cuando aumentan las reservas de carbono de los depósitos terrestres, y negativa cuando disminuyen. En cambio, para las emisiones/absorciones de CO₂ se aplica la regla contraria. En la Sección 3.1.7, Notificación, y en el Anexo 3A.2, Cuadros de notificación, se ofrecen más orientaciones sobre las convenciones en cuanto a los signos.

A los efectos de una notificación transparente, y para facilitar un mayor afinamiento de las estimaciones del inventario, los países deberían documentar detenidamente las decisiones adoptadas y los planteamientos

utilizados para estimar las emisiones y absorciones de CO₂ en los asentamientos. A tal fin, los países deberían examinar los puntos siguientes cuando preparen su documentación:

- Nombre y ubicación geográfica de cada asentamiento;
- Nombre de la fuente (o fuentes) de los datos de actividad, o de los datos que han permitido obtenerlos;
- Métodos utilizados para obtener datos de actividad;
- Criterios utilizados para incluir especies de árboles en las clases de especies genéricas indicadas en el Cuadro 3a.4.1;
- Factores y/o coeficientes utilizados para ajustar el valor medio de la acumulación anual de carbono por árbol al crecimiento en condiciones urbanas, si procede;
- Fuente (o fuentes) de las ecuaciones de crecimiento y de los métodos utilizados para combinarlos, y para obtener valores de parámetros diferentes de los indicados en el presente apéndice;
- Métodos de muestreo y modelos utilizados para desarrollar tasas de acumulación de carbono específicas del país;
- Descripción de los métodos utilizados para delimitar las áreas de asentamientos; y
- Resultados del análisis de la tendencia temporal de los registros de emisión anteriores, justificación de los nuevos cálculos, y procedimientos utilizados a tal fin. Deberían explicarse todas las oscilaciones importantes en los valores de la serie. Para las orientaciones generales, véase el Capítulo 5.

La documentación precedente debería archiversse adecuadamente para utilizarla como referencia en el futuro.

3a.4.5 Garantía de la calidad/control de la calidad de los inventarios

Es aconsejable realizar verificaciones de control de calidad como se indica en el Capítulo 5, Sección 5.5 (Garantía de la calidad y control de la calidad), y suplementar la GC/CC general aplicada al procesamiento, al tratamiento y a la notificación de los datos conforme se indica en el Capítulo 5 con procedimientos específicos de la fuente, y particularmente el examen de los parámetros, las ecuaciones y los cálculos utilizados para estimar los valores de emisión. Las estimaciones del inventario, así como los valores de todos los parámetros y factores de emisión importantes, deberían ser revisados por especialistas externos (particularmente, expertos en silvicultura urbana), así como por las partes interesadas.

Referencias

3.1 INTRODUCCIÓN

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OECD/IEA, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japón.

3.2 TIERRAS FORESTALES

- Andreae M.O., y Merlet P. (2002). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, 15 (4): págs. 955 a 966.
- Bernoux M., Carvalho M. da CS, Volkoff B., Cerri C.C., Carvalho M. da CS. (2002). Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), págs. 888 a 896.
- Bhatti J.S., Apps M.J., y Jiang H. (2001). Examining the carbon stocks of boreal forest ecosystems at stand and regional scales. In: Lal R. et al. (eds.) *Assessment Methods for Soil Carbon*, Lewis Publishers, Boca Raton FL. págs. 513 a 532.
- Brown S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO-Forestry-Paper 134. Forest Resources Assessment Publication, págs. 55.
- Brumme R., Borken W., y Finke S. (1999). Hierarchical control on nitrous oxide emission in forest ecosystem. *Global Biogeochemical Cycles*, 13: págs. 1137 a 1148.
- Butterbach Bahl K., Breuer L., Gasche R., Willibald G., y Papen H. (2002). Exchange of trace gases between soils and the atmosphere in Scots pine forest ecosystems of the northeastern German lowlands. 1. Fluxes of N₂O, NO/NO₂ and CH₄ at forest sites with different N-deposition. *Forest Ecology and Management*, 167: págs. 123 a 134.
- Chojnacky D.C. y Heath L.S. (2002). Estimating down deadwood from FIA forest inventory variables in Maine. *Environmental-Pollution*, 116: Suppl. 1 : S25-S30.
- Conen F., Dobbie K.E., y Smith K.A. (2000). Predicting N₂O emissions from agricultural land through related parameters. *Global Change Biology*, 5: págs. 471 a 426.
- Crutzen P.J., y Andreae M.O. (1990). Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science*, 4988: págs. 1669 a 1678.
- Obale-Ebanga F., Sevink J., de Groot W., y Nolte C. (2003). Myths of slash and burn on physical degradation of savannah soils: Impacts on Vertisols in North Cameroon. *Soil-Use and Management*, 19 (1) : págs. 83 a 86.
- Dixon R.K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., y Wisniewski J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263(1544): págs. 185 a 190.
- Hay G.J., Marceau D.J., Dube P., y Bouchard A. (2001). A multi-scale framework for landscape analysis: Object-specific analysis and upscaling. *Landscape-Ecology*, 16: págs. 471 a 490.
- Duvall M.D., y Grigal D.F. (1999). Effects of timber harvesting on coarse woody debris in red pine forests across the Great Lakes states, USA. *Canadian Journal of Forest Research* 29 (12): págs. 1926 a 1934.
- Food y Agriculture Organisation (FAO) (2001). *Global Forest Resources Assessment 2000. Main Report*. Forestry Paper 140, FAO, Rome: págs. 479.
- FAO (1995). *Forest Resources Assessment 1990: Global Synthesis*. Forestry Papers 124, FAO, Roma: págs. 44.
- Filipchuk A.N., Strakhov V.V., Borisov B.A. et al. (2000). Breve descripción nacional sobre el sector forestal y los productos de madera: Federación de Rusia. CEPE de las NU, FAO. Nueva York, Ginebra. ECE/TIM/SP/18 (en ruso): págs. 94.
- Fisher R.F. y Binkley D. (2000). *Ecology and management of forest soils*. John Wiley & Sons. New York: págs. 489.

- Harmon M.E. y Marks B. (2002). Effects of silvicultural practices on carbon stores in Douglas-fir-western hemlock forests in the Pacific Northwest, USA: results from a simulation model. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (5): págs. 863 a 877.
- Harmon M. E., Krankina O.N., Yatskov M., y Matthews E. (2001). Predicting broad-scale carbon stores of woody detritus from plot-level data. In: Lai, R., J. Kimble, B. A. Stewart (eds.). *Assessment Methods for Soil Carbon*, CRC Press, Nueva York, págs. 533 a 552.
- Hoover C.M., Birdsey R.A., y Heath L.S. (2000). How to estimate carbon sequestration on small forest tracts. *Journal Forestry*, 98 (9): págs. 13 a 19.
- Houghton R.A. (1999). The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land-use 1850-1990. *Tellus*, 51B: págs. 298 a 313.
- Ilic J., Boland D., McDonald M., Downes G., y Blakemore P. (2000). Woody density Phase 1 – state of Knowledge. National Carbon Accounting System, Technical Report No 18. Australian greenhouse Office.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds.). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OECD/IEA, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.
- Jackson R.B., Banner J.L., Jobbagy E.B., Pockman W.T., y Wall D.H. (2002). Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. *Nature*, 418: págs. 623 a 626.
- Jobbagy E.G., y Jackson R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 19(2): págs. 423 a 436.
- Johnson D.W., y Curtis P.S. (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management*, 140: págs. 227 a 238.
- Johnson D.W., Knoepp J.D., Swank W.T. (2002). Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environment Pollution*, 116: págs. 201 a 208.
- Johnson M.G., Levine E.R., y Kern J.S. (1995). Soil organic matter: distribution, genesis, and management to reduce greenhouse gas emissions. *Water, Air and Soil Pollution* 82: págs. 593 a 615.
- Jacinthe P.A., Lal R., Kimble J.M. (2002). Carbon dioxide evolution in runoff from simulated rainfall on long-term no-till and plowed soils in Southwestern Ohio. *Soil Tillage Research* 66 (1): págs. 23 a 33.
- Kirschbaum-MUF (2000). How should forest fires be treated in the National Greenhouse Gas Inventory? *Australian-Forestry*, 63(2): págs. 136 a 141.
- Klemedtsson L., Klemedtsson A.K., Moldan F., y Weslien P. (1997). Nitrous oxide emission from Swedish forest soils in relation to liming and simulated increased N-deposition. *Biology & Fertility of Soils* 25: págs. 290 a 295.
- Koehl M. (2000). Reliability and comparability of TBFRA 2000 results. In: TBFRA 2000, Ginebra, CEPE-NU/FAO: págs. 27 a 61.
- Kramer H. (1982). *Nutzungsplanung in der Forsteinrichtung*. Sauerländer Verlag, Frankfurt: págs.128.
- Kurz W. A. y Apps M. J. (1992). Atmospheric carbon and Pacific Northwest Forests. In: Wall, G. (ed.). *Implication of climate change for Pacific Northwest Forest management*. Un. of Waterloo. Dept. of Geography. *Occasional Paper* No. 15: págs. 69 a 80.
- Lafleur P.M., Roulet N.T., Bubier J.L., Frolking S., y Moore T.R. (2003). Inter-annual variability in the peatland-atmosphere carbon dioxide exchange at an ombrotrophic bog - art. no. 1036. *Global-Biogeochemical-Cycles*, 17 (2).
- Laitat É., Karjalainen T., Loustau D., y Lindner M. (2000). Introduction: Towards an integrated scientific approach for carbon accounting in forestry. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 2000 4(4): págs. 315 a 319.
- Izaurrealde R.C., Rosenberg N.J., y Lal R. (2001). Mitigation of climatic change by soil carbon sequestration: issues of science, monitoring, and degraded lands. *Advances-in-Agronomy*, 70: págs. 1 a 75.

- Lehtonen X, Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R., y Liski J. (2003). Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests, *Forest Ecology and Management, In Press, Corrected Proof*, en prensa, pruebas corregidas. Disponible en línea el 24 de septiembre de 2003.
- Levine J.S., Wesley III R.C., Winstead E.L., Thinehart R.P., Cahoon Jr. D.R., Sebacher D.K., Sebacher S., y Stocks B.J. (1991). Biomass burning: combustion emissions, satellite imagery, and biogenic emissions. In: J.S. Levine (Ed.) *Global Biomass Burning* MIT Press, Cambridge: págs. 264 a 271.
- Li Z., Kurz W.A., Apps M.J., y Beukema S.J. (2003) Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP. *Canadian Journal of Forest Research* 33 (1): págs. 126 a 136.
- Li C.S., Aber J, Stange F, Butterbach Bahl K., y Papen H. (2000). A process-oriented model of N₂O and NO emissions from forest soils: 1. Model development. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. 105 (D4): págs. 4369 a 4384.
- Liski J., Pussinen A., Pingoud K., Makipaa R., Karjalainen T. (2001). Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Canadian Journal of Forest Research* 31: págs. 2004 a 2013.
- Löewe H, Seufert G., y Raes F. (2000). Comparison of methods used within Member States for estimating CO₂ emissions and sinks according to UNFCCC and EU Monitoring Mechanism: forest and other wooded land. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 2000 4(4): págs. 315 a 319.
- Martikainen P.J., Nykanen H., Alm J., y Silvola J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophic. *Plant & Soil* 169: págs. 571 a 577.
- McKenzie N.J., Cresswell H.P., Ryan P.J., y Grundy M. (2000). Opportunities for the 21st century: Expanding the horizons for soil, plant, and water analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31: págs. 1553 a 1569.
- Mosier A. y Kroeze C. (1999). Contribution of agroecosystems to the global atmospheric N₂O budget. Proceedings of International workshop on reducing N₂O emission from agroecosystems, Banff, Canada, marzo de 1999.
- Mosier A. R., Delgado J.A., y Keller M. (1998). Methane and nitrous oxide fluxes in an acid Oxisol in Western Puerto Rico: Effects of tillage, liming and fertilization. *Soil Biology & Biochemistry* 30: págs. 2087 a 2098.
- Page-Dumroese D, Jurgensen M, Elliot W, *et al.* (2000). Soil quality standards and guidelines for forest sustainability in northwestern North America. *Forest Ecology Management* 138 (1-3): págs. 445 a 462.
- Papen H., y Butterbach-Bahl K. (1999). A 3-year continuous record of nitrogen trace gas fluxes from untreated and limed soil of a N-saturated spruce and beech forest in Germany - 1. N₂O emissions. *Journal of Geophysical Research* 104: págs. 18487 a 18503.
- Paul K.I., Polglase P.J., Nyakuengama J.G., y Khanna P.K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168: págs. 241 a 257.
- Polglase P.J., Paul K.I., Khanna P.K., Nyakuengama J.G., O'Connell A.M., Grove T.S., y Battaglia M. (2000). Change in soil Carbon Following Afforestation or Reforestation. National Carbon Accounting system technical report no. 20 Australian Greenhouse Gas Office, Canberra.
- Post W.M. y Kwon K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use changes: processes and potential. *Global Change Biology* 6: págs. 317 a 327.
- Pregitzer K.S. (2003). Woody plants, carbon allocation and fine roots. *New Phytologist* 158 (3): págs. 421 a 424.
- Renault P. (1999). Les modèles opérationnels d'émission de N₂O par les sols aux échelles régionales. *C.R. Acad. Agri. Fr.* 85, 6 : págs. 163 a 176.
- Richter D.D., Markewitz D., Trumbore S.E. y Wells C.B. (1999). Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. *Nature* 400: págs. 56 a 58.
- Schelhaas M.J., Varis S., y Schuck A. (2001). Database on Forest Disturbances in Europe (DFDE), European Forest Institute, Joensuu, Finland, <http://www.efi.fi/projects/dfde/>.
- Scott N.A., Tate K.R., Giltrap D.J., *et al.* (2002). Monitoring land-use change effects on soil carbon in New Zealand: quantifying baseline soil carbon stocks. *Environmental Pollution* 116: págs. 167 a 186.
- Siltanen *et al.* (1997). A soil profile and organic carbon data base for Canadian forest and tundra mineral soils. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.

- Smith J.E., y Heath L.S. (2002). A model of forest floor carbon mass for United States forest types. General Technical Report, USDA Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA. En prensa.
- Smith K. A., Dobbie K.E., Ball B.C., Bakken L.R., Sitaula B.K., Hansen S., Brumme R., Borken W., Christensen S., Priemé A., Fowler D., MacDonald J.A., Skiba U., Klemmedtsson L., Kasimir-Klemmedtsson A., Degórska A., y Orlanski P. (2000). Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink. *Global Change Biology* 6: págs. 791 a 803.
- Smith K.A., Bouwman L., y Braatz B. (1999). Nitrous oxide: direct emissions from agricultural soils. Background paper for IPCC Workshop on Good Practice in Inventory Preparation : Agricultural sources of methane and nitrous oxide, 24-26 February 1999, Wageningen, Países Bajos.
- Spies T.A., Franklin J.F., y Thomas T.B. (1988). Coarse woody debris in Douglas-fir forests of Western Oregon and Washington. *Ecology* 6: págs. 1689 a 1702.
- Stange F., Butterbach-Bahl K., Papen H., *et al.* (2000). A process-oriented model of N₂O and NO emissions from forest soils 2. Sensitivity analysis and validation. *Journal of Geophysical Research Atmosphere* 105 (D4): págs. 4385 a 4398.
- Thormann M.N., Szumigalski A.R., Bayley S.E. (1999). Aboveground peat and carbon accumulation potentials along a bog-fen-marsh wetland gradient in southern boreal Alberta, Canada. *Wetlands* 19 (2): págs. 305 a 317.
- Tremblay S., Ouimet R. y Houle D. (2002). Prediction of organic carbon content in upland forest soils of Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* 32: págs. 903 a 914.
- CEPE-NU/FAO (2000)
- Vogt K.A., Vogt D.J., Pamiotto P.A., Boon P., O'Hara J., y Asbjornsen H. (1996). Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type, and species. *Plant and Soil* 187: págs. 159 a 219.
- Yavitt J. B., Fahey T.J., y Simmons J.A. (1997). Methane and carbon dioxide dynamics in a northern hardwood ecosystem. *Soil Science Society of America Journal* 59: págs. 796 a 804.
- Zagrev V.V., Sukhikh B.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., y Moshkalev A.G. (1993). Normas de la federación de Rusia para los inventarios forestales. *Kolos*, Moscú, pág. 495. (en ruso).
- Zoltai S.C. y Vitt D.H. (1995). Canadian wetlands – environmental gradients and classification. *Vegetation* 118 (1-2): págs. 131 a 137.

3.3 TIERRAS AGRÍCOLAS

- Armentano T.V. y Menges E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* 74: págs. 755 a 774.
- Barbosa R.I. y Fearnside P.M. (1996). Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of aboveground carbon. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 101(D20): págs. 25847 a 25857.
- Bernoux M., Carvalho M.D.S., Volkoff B., y Cerri C.C. (2002). Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal* 66: págs. 888 a 896.
- Conant R.T. y Paustian K. (2002). Spatial variability of soil organic carbon in grasslands: implications for detecting change at different scales. *Environmental Pollution* 116: págs. 127 a 135.
- Davidson E. A. y Ackerman I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry* 20: págs. 161 a 164.
- Dixon R.K., Winjum J.K., y Schroeder P.E. (1993). Conservation and sequestration of carbon: the potential of forests and agroforest management practices. *Global Environmental Change* 3: págs. 159 a 173.
- Dobbie K.E., McTaggart I.P., y Smith K.A. (1999). Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: Variations between crops and seasons, key driving variables, and mean emission factors. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 104: págs. 26891 a 26899.
- Fearnside P.M. (1990). Fire in the tropical rainforest of the Amazon basin. In: Fire in the tropical biota Goldammer, J.G.(ed). Ecological Studies 84, Springer-Verlag, N.Y. : págs. 106 a 116.

- Fearnside P.M. (2000). Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46: págs. 115 a 158.
- Firestone M.K. y Davidson E.A. (1989) Microbiological basis of NO and N₂O production and consumption in soil. In: Andreae M.O. and D. S. Schimel (eds) . Exchange of Trace Gases Between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere, Wiley, N.Y: págs. 7 a 21.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds) *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Jobbagy E.G. y Jackson R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 19(2): págs. 423 a 436.
- Klemedtsson L., Klemedtsson A.K., Moldan F., y Weslien P. (1997). Nitrous oxide emission from Swedish forest soils in relation to liming and simulated increased N-deposition. *Biology & Fertility of Soils* 25: págs. 290 a 295.
- Masera O. R., Garza-Caligaris J.F., Kanninen M., Karjalainen T., Liski J., Nabuurs G.J., Pussinen A., de Jong B.H.J., y Mohren G.M.J. (2003). Modeling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects. *Ecological Modelling* 164: págs. 177 a 199.
- McGill W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets. Springer-Verlag, Heidelberg: págs. 111 a 132.
- Neill C., Melillo J.M., Steudler P.A., Cerri C.C., de Moraes J.F.L., Piccolo M.C., y Brito M. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* 7 : págs. 1216 a 1225.
- Nusser S.M. y Goebel J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* 4: págs. 181 a 204.
- Ogle S. M., Breidt F.J., Eve M.D., y Paustian K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* (en prensa).
- Paul E.A., Paustian K., Elliott E.T. y Cole C.V. (eds) (1997) Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, 414 págs.
- Schroeder P. (1994). Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 27: págs. 89 a 97.
- Schroth G., D'Angelo S.A., Teixeira W.G., Haag D., y Lieberei R. (2002). Conversion of secondary forest into agroforestry monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. *Forest Ecology and Management* 163: págs. 131 a 150.
- Smith P., Powlson D.S., Smith J.U., y Elliott E.T. (eds) (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* 81: págs. 1 a 225.
- Smith P., Powlson D., Glendinning, M. (1996). Establishing a European GCTE soil organic matter network (SOMNET). In: Powlson D.S., Smith P., y Smith J.U. (eds.), Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets. NATO ASI Series, Vol 38, Springer-Verlag, Berlín: págs. 81 a 97.
- Soil Organic Matter Network (SOMNET) (1996). Model and Experimental Metadata. GCTE Task 3.3.1. Smith P., Smith J.U., y Powlson D.S. (eds). Global Change and Terrestrial Ecosystems Report No 7. GCTE Focus 3 Office, Wallingford, Reino Unido. 255 págs.

3.4 PRADERAS

- Anderson D.J., Perry R.A., y Leigh J.H. (1972). Some perspectives on shrub/environment interactions. In: McKell C.M., Blaisdell J.P., Goodon J.R. (eds), *Wildland Shrubs – Their Biology and Utilization*.). USDA Forest Service, General Tech. Report INT-1.
- Armentano T.V. y Menges E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal-of-Ecology*. 74, 3: págs. 755 a 774.
- Baldocchi D., Kelliher F.M., Black T.A., Jarvis P. (2000). Climate and vegetation controls on boreal zone energy exchange. *Global Change Biology*,-Supplement. 6: Supplement 1, págs. 69 a 83.
- Baldocchi D., Falge E., Gu L.H., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer C., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X.H., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., Pilegaard K., Schmid H.P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K., y Wofsy S. (2001). FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities. *Bulletin of the American Meteorological Society* 82: págs. 2415 a 2434.
- Barbosa R.I. y Fearnside P.M. (1996). Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of aboveground carbon. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 101(D20): págs. 25847 a 25857.
- Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H., y Baumgardner G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: págs. 1 a 11.
- Conant R.T. y Paustian K. (2002a). Spatial variability of soil organic carbon in grasslands: implications for detecting change at different scales. *Environmental Pollution* 116: págs. 127 a 135.
- Conant R.T. y Paustian K. (2002b). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles* 16: págs. 90_1-90_9.
- Conant R.T., Paustian K., y Elliott E.T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Application* 11: págs. 343 a 355.
- Davidson E. A. y Ackerman I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry* 20: págs. 161 a 164.
- Delmas R.A., Loudjana P., Podaire A., y Menaut J.C. (1991). Biomass burning in Africa: An assessment of annually burnt biomass. In; Levine J.S. (ed), *Global Biomass Burning: Atmosphere, Climatic and Biosphere Implications*, MIT Press, Cambridge, Mass.: págs. 147 a 154.
- Ellert B.H., Janzen H.H., y McConkey B.G. (2001). Measuring and comparing soil carbon storage. In: R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (eds.). *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. CRC Press, Boca Raton, FL.: págs. 593 a 610.
- Fearnside P.M. (1990). Fire in the tropical rainforest of the Amazon basin. pp 106-116 In: Goldammer J.G.(ed.) *Fire in the tropical biota*. Ecological Studies 84, Springer-Verlag, N.Y. 497 págs.
- Fearnside P.M. (2000). Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46: págs. 115 a 158.
- Guo L.B. y Gifford R.M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8: págs. 345 a 360.
- Hao W.M., Darold E.W., Olbu G., y Baker S.P. (1996). Emissions of CO₂, CO and hydrocarbons from fires in diverse African savanna ecosystems. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No. D19: págs. 23577 a 23584.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds) *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura: Informe especial*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Jackson R.B., Banner J.L., Jobbagy E.B., Pockman W.T., y Wall D.H. (2002). Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. *Nature* 418: págs. 623 a 626.
- Jackson R.B., Canadell J., Ehleringer J.R., Mooney H.A., Sala O.E., y Schulze E.D. (1996). A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: págs. 389 a 411.
- Kuhlbusch T.A.J., Andreae M.O., Cachier H., Goldammer J.G., Lacaux J.P., Shea R., y Crutzen P.J. (1996). Black carbon formation by savanna fires: Measurements and implications for the global carbon cycle. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No D19: págs. 23651 a 23665.
- Lacaux J.P., Delmas R., y Jambert C. (1996). NO_x emissions from African savanna fires. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No D19: págs. 23585 a 23595.
- Lober J. M., Scharffe D.H., Hao W.M., Kuhlbusch T.A., Seuwen R., Warneck P., y Crutzen P.J. (1993). Experimental evaluation of biomass burning emissions: Nitrogen carbon containing compounds. In: Levine J.S. (ed) *Global Biomass Burning*, MIT Press.
- Lober J.M. y Warnatz J. (1993). Emissions from combustion process in vegetation. In: Crutzen P.J. and Goldammer J.G., *Fire in the environment*, John Wiley, Nueva York: págs. 15 a 37.
- McGill W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg: págs. 111 a 132.
- Milchunas D.G. y Lauenroth W.K. (1993). Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63: págs. 327 a 366.
- Neill C., Melillo J.M., Steudler P.A., Cerri C.C., de Moraes J.F.L., Piccolo M.C. y Brito M. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* 7 : págs. 1216 a 1225.
- Nihlgard B. (1972). Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in abeech and replanted spruce forest in South Sweden. *Oikos* 23: págs. 69 a 81.
- Nusser S.M. y Goebel J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* 4: págs. 181 a 204.
- Ogle S. M., Breidt F. J., Eve M. D., y Paustian K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* (en prensa).
- Ojima D.S., Parton W.J., Schimel D.S., Scurlock J.M.O., y Kittel T.G.F. (1993). Modeling the effects of climatic and CO₂ changes on grassland storage of soil C. *Water, Air, and Soil Pollution* 70: págs. 643 a 657.
- Olson R. J., Scurlock, J. M. O., Prince S. D., Zheng D. L., y Johnson K. R. (eds.) (2001). NPP Multi-Biome: NPP and Driver Data for Ecosystem Model-Data Intercomparison. Data set. Available on-line [<http://www.daac.ornl.gov>] from the Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos.
- Pacala S.W., Hurtt G.C., Baker D., Peylin P., Houghton R.A., Birdsey R.A., Heath L., Sundquist E.T., Stallard R.F., Ciais P., Moorcroft P., Caspersen J.P., Shevliakova E., Moore B., Kohlmaier G., Holland E., Gloor M., Harmon M.E., Fan S.M., Sarmiento J.L., Goodale C.L., Schimel D., y Field C.B. (2001). Consistent land- and atmosphere-based US carbon sink estimates. *Science* 292: págs. 2316 a 2320.
- Scholes R. J., Kendall J., y Justice C.O. (1996). The quantity of biomass burned in southern Africa, *Journal of Geophysical Research*, Vol 101. NO D19: págs. 23677 a 23682.
- Smith P., Powlson D. S., Glendining M. J., y Smith J. O. U. (1997). Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments. *Global Change Biology* 3: págs. 67 a 79.
- Veldkamp E. (2001). Changes in soil carbon stocks following conversion of forest to pasture in the tropics. In: Holland E.A. (ed.): *Notes from Underground: Soil Processes and Global Change*. NATO ASI Series Berlin: Springer: en prensa.

Ward D.E., Hao W.M., Susott R.A., Babbitt R.E., Shea R.W., Kauffman J.B. y Justice C.O. (1996). Effect of fuel composition on combustion efficiency and emission factors for African savanna ecosystems. *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No D19: págs. 23569 a 23574.

3.5 HUMEDALES

Alm J., Saarnio S., Nykanen H., Silvola J., y Martikainen P. J. (1999). Winter CO₂, CH₄ and N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry* 44: págs. 163 a 186.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.

Laine J. y Minkkinen K. (1996). Effect of forest drainage on the carbon balance of a mire - a case study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: págs. 307 a 312.

Laine J., Silvola J., Tolonen K., Alm J., Nykanen H., Vasander H., Sallantaus T., Savolainen I., Sinisalo J., y Martikainen P. J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming - northern peatlands. *Ambio* 25: págs. 179 a 184.

LUSTRA (2002). Land Use Strategies for Reducing Net Greenhouse Gas Emissions. Annual Report 2002, Uppsala, Sweden. <http://www.sml.slu.se/lustra/index.phtml>

Minkkinen K., Korhonen R., Savolainen I., y Laine J. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100 the impact of forestry drainage. *Global Change Biology* 8: págs. 785 a 799.

Sundh I., Nilsson M., Mikkela C., Granberg G., y Svensson B. H. (2000). Fluxes of methane and carbon dioxide on peat-mining areas in Sweden. *Ambio* 29: págs. 499 a 503.

3.6 ASENTAMIENTOS

Nowak D.J. y Crane D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States. *Environmental Pollution* 116(3): págs. 381 a 389.

Nowak D.J., Rowntree R.A., McPherson E.G., Sisinni S.M., Kerkmann E.R., y Stevens J.C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning* 36: págs. 49 a 57.

APÉNDICE 3A.1 PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

Burden R.L. y Faires J.D. (2001). *Numerical Analysis*, 7th ed. Brooks/ Cole Publishing. 810 págs.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1999. Anuario de la FAO – Productos forestales 1997. FAO Forestry Series No. 42. Roma. 245 págs. <ftp://ftp.fao.org/fo/fon/fons/FOYB1997.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2002a. FAOSTAT Forestry data. Web site: <http://apps.fao.org/page/collections?subset=forestry> accessed 1 de julio de 2002.

Flugsrud K., Hoem B., Kvingedal E. y Rypdal R. (2001). Estimating the net emissions of CO₂ from harvested wood products. SFT report 1831/200. Norwegian Pollution Control Authority, Oslo. 47 págs. <http://www.sft.no/publikasjoner/luft/1831/ta1831.pdf>

Gjesdal S.F.T., Flugsrud K., Mykkelbost T.C., y Rypdal K. (1996). A balance of use of wood products in Norway, Norwegian Pollution Control Authority SFT, Report 96:04, 54 págs.

- Haynes *et al.* (1990). An Analysis of the timber situation in the United States: 1989-2040. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rpt. RM-199. 268 págs.
- Heath L. S., Birdsey R.A., Row C., y Plantinga A.J. (1996). Carbon pools and fluxes in U.S. forest products. In: Apps M.J. and Price D.T. (eds.), *Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Carbon Cycle*. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlín: págs. 271 a 278.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1998). Evaluating Approaches for Estimating Net Emissions of Carbon Dioxide from Forest Harvesting and Wood Products. Meeting Report, Dakar, Senegal, 5-7 de mayo de 1998. Brown S., Lim B. y Schlamadinger B. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia. See <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/dakar.htm>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.
- Karjalainen T., Kellomaki S., y Pussinen A. (1994). Role of Wood-based Products in Absorbing Atmospheric Carbon. *Silva Fennica* 28 (2): págs. 67 a 80.
- Micales J.A. y Skog K.E. (1997). The decomposition of forest products in landfills. *International Biodeterioration and Biodegradation* 39 (2-3): págs. 145 a 158.
- Nabuurs G.J. y Sikkema R. (1998). Application and Evaluation of the Alternative IPCC Methods for Harvested Wood Products in the National Communications; Proceedings for the IPCC Expert Meeting on Evaluating approaches for estimating net emissions from harvested wood products, Wageningen, Países Bajos
- Pingoud K., Savolainen I., y Seppälä H. (1996). Greenhouse impact of the Finnish forest sector including forest products and waste management. *Ambio* 25: págs. 318 a 326.
- Pingoud K., Perälä A.L., y Pussinen A. (2001). Carbon dynamics in wood products. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 6: págs. 91 a 111.
- Skog K., y Nicholson G. (1998). Carbon Cycling through Wood Products: The Role of Wood and Paper Products in Carbon Sequestration. *Forest Products Journal* 48 (7/8): págs. 75 a 83.

APÉNDICE 3A.2 GASES DISTINTOS DEL CO₂ PROCEDENTES DEL DRENAJE Y DE LA REHUMIDIFICACIÓN DE LOS SUELOS FORESTALES: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

- Alm J., Saarnio S., Nykanen H., Silvola J. y Martikainen P.J. (1999). Winter CO₂, CH₄ and N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry* 44: págs. 163 a 186.
- Bartlett K.B. y Harriss R.C. (1993). Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* 26: págs. 261 a 320.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/IEA, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., y Tanabe K. (Eds). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/IEA/IGES, Hayama, Japón.
- Klemedtsson L., Weslien P., Arnold K., Agren G., Nilsson M., y Hanell B. (2002). Greenhouse gas emissions from drained forests in Sweden. In: Olsson M. (ed.) *Land use strategies for reckoning net greenhouse gas emissions*. Mistra Programme: Progress report 1999 – 2002. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala: págs. 44 a 67.

- Komulainen V.M., Nykanen H., Martikainen P.J. y Laine J. (1998). Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions from peatlands drained for forestry in southern Finland. *Can. J. For. Res.* 28: págs. 402 a 411.
- Laine J., Silvola J., Tolonen K., Alm J., Nykanen H., Vasander H., Sallantausta T., Savolainen I., Sinisalo J., y Martikainen P. J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming - northern peatlands. *Ambio* 25: págs. 179 a 184.
- Martikainen P. J., Nykanen H., Alm J., y Silvola J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant & Soil* 169: págs. 571 a 577.
- Regina K., Nykänen H., Silvola J., y Martikainen P. J. (1996). Nitrous oxide production in boreal peatlands of different hydrology and nutrient status. In: Northern peatlands in global climatic change. Proceedings of the international workshop. Academy of Finland, Hyytiälä: págs. 158 a 166.
- Roulet N.T. y Moore T.R. (1995). Methane Emissions from Canadian Peatlands. In: Lal R., Kimble J., Levine E., and Stewart B.A., *Soils and Global Change*, CRC Lewis Publishers, Boca Raton: págs. 153 a 164.
- Tuittila, E-S., Komulainen, V-M., Vasander, H., Nykänen, H., Martikainen, P.J. & Laine, J. (2000). Methane dynamics of a restored cut-away peatland. *Global Change Biology* 6: págs. 569 a 581.

APÉNDICE 3A.3 HUMEDALES QUE SIGUEN SIENDO HUMEDALES: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

SUELOS ORGÁNICOS GESTIONADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

- Alm, J., S. Saarnio, H. Nykanen, J. Silvola, y P. J. Martikainen. (1999). Winter CO₂, CH₄ y N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry* 44: págs. 163 a 186.
- Andriessse, J. P. (1988) Nature and Management of Tropical Peat Soils, FAO SOILS BULLETIN 59, <http://www.fao.org/docrep/x5872e/x5872e04.htm>
- Feehan, J. & O'Donovan, G. (1996) *The Bogs of Ireland*. The Environmental Institute, University College, Dublín, Irlanda.
- Fey, A., G. Benckiser y J.C.G. Ottow (1999). Emissions of nitrous oxide from a constructed wetland using a groundfilter and macrophytes in waste-water purification of a dairy farm. *Biol Fertil Soils* 29, págs. 354 a 359.
- Huttunen, J.T., T.S. Vaisanen, S. K. Hellsten, M. Heikkinen, H. Nykanen, H. Jungner, A. Niskanen, M. O. Virtanen, O.V. Lindqvist, O. S. Nenonen, y P.J. Martikainen, (2002), Fluxes of CH₄, CO₂, and N₂O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahata in the northern boreal zone in Finland, *Global Biogeochemical Cycles*, 16,1.
- Laine, J., y K. Minkkinen. (1996). Effect of forest drainage on the carbon balance of a mire - a case study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: págs. 307 a 312
- Laine, J., J. Silvola, K. Tolonen, J. Alm, H. Nykanen, H. Vasander, T. Sallantausta, I. Savolainen, J. Sinisalo, y P. J. Martikainen. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming - northern peatlands. *Ambio* 25: págs. 179 a 184.
- Lappalainen, E. (1996) Global Peat Resources. Saarijärvi, Finlandia, Saarijärven Offset Oy.
- Lappalainen, E. y Zurek, S. (1996a). Peatlands in other African countries. In: Lappalainen (Ed.), *Global Peat Resources*, International Peat Society, Finlandia, págs. 239 a 242.
- Lappalainen, E. y Zurek, S. (1996b). Peatlands in other Asian countries. In: Lappalainen (Ed.), *Global Peat Resources*, International Peat Society, Finlandia, págs. 209 a 212.
- Lappalainen, E. y Zurek, S. (1996c). Peatlands in central and south America. In: Lappalainen (Ed.), *Global Peat Resources*, International Peat Society, Finlandia, págs. 279 a 282.
- LUSTRA (2002): Land Use Strategies for Reducing Net Greenhouse Gas Emissions. Annual Report 2002, Uppsala, Sweden. <http://www.sml.slu.se/lustra/index.phtml>
- Martikainen, P. J., H. Nykanen, J. Alm, y J. Silvola. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant & Soil* 169: págs. 571 a 577.
- Minkkinen, K., R. Korhonen, I. Savolainen, y J. Laine. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100 the impact of forestry drainage. *Global Change Biology* 8: págs. 785 a 799.

- Mosier A. y C. Kroeze, (1999). Contribution of agroecosystems to the global atmospheric N₂O budget. Proceedings of International workshop on reducing N₂O emission from agroecosystems, Banff, Canada, marzo de 1999.
- OECD/IUCN. (1996). Guidelines for aid agencies for improved conservation and sustainable use of tropical and sub-tropical wetlands. OCDE, París.
- Regina, K., H. Nykänen, J. Silvola, y P. J. Martikainen. (1996). Nitrous oxide production in boreal peatlands of different hydrology and nutrient status. Pages 158-166 in Northern peatlands in global climatic change. Proceedings of the international workshop. Academy of Finland, Hyttiälä
- Rubec, C. (1996). The status of peatland resources in Canada. In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finland, págs. 243 a 252.
- Smith K.A., L. Bouwman, B. Braatz, (1999). Nitrous oxide : direct emissions from agricultural soils. Background paper for IPCC Workshop on Good Practice in Inventory Preparation : Agricultural sources of methane and nitrous oxide, 24-26 february 1999, Wageningen, Países Bajos.
- Sundh, I., Nilsson, M., Mikkela, C., Granberg, G., Svensson, B.H.,(2000). Fluxes of methane and carbon dioxide on peat-mining areas in Sweden. *Ambio* 29(8), págs. 499 a 503.
- Tarnocai, C., Kettles, I.M., Lacelle, B. (2000). Peatlands of Canada. Geological Survey of Canada, Ottawa, Ont. Open File 3152 (mapa).
- Umeda, Y. And Inoue, T. (1996). Peatlands of Japan. In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finlandia, págs. 179 a 182.
- Xuehui, M y Yan, H. (1996). Peat and peatlands in China. . In: Lappalainen (Ed.), Global Peat Resources, International Peat Society, Finland, págs. 163 a 168.

TIERRAS ANEGADAS QUE SIGUEN SIENDO TIERRAS ANEGADAS

- Dos Santos, M.A., (2000), Inventário emissões de gases de efeito estufa derivadas de Hidrelétricas, PhD. Dissertation, University of Rio de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil, 154 págs.
- Duchemin, É, (2000), Hydroelectricity and greenhouse gases: Emission evaluation and identification of biogeochemical processes responsible for their production, PhD. Disseration, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 321 págs. (disponible en CD-ROM)
- Duchemin, É. (2002a), Greenhouse gases emissions from US reservoirs: Spot sampling in the Columbia River Basin and in the Sierra Nevada region, Report for Environmental Fund Defense, DREXenvironment, 47 págs. (disponible en CD-ROM)
- Duchemin, É., (2002b), Canadian Reservoir Database, Environment Canada/DREXenvironment, CD-ROM.
- Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel y A. Chamberland, (1995), Production of the greenhouse gases CH₄ and CO₂ by hydroelectric reservoirs of the boreal region, *Global Biogeochemical Cycles*, págs. 9, 4, 529 a 540.
- Duchemin, É., R. Canuel, P. Ferland, y M. Lucotte, (1999), Étude sur la production et l'émission de gaz à effet de serre par les réservoirs hydroélectriques d'Hydro-Québec et des lacs naturels (Volet 2), Scientific report, Direction principal Planification Stratégique - Hydro-Québec, 21046-99027c, 48 págs.
- Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel, D. Almeida Cruz, H. C. Pereira, J. Dezincourt y A. G. Queiroz, (2000), Comparison of Greenhouse Gas Emissions from an Old Tropical Reservoir and from other Reservoirs Worldwide, *Verh. International Verein. Limnol.*, págs. 27, 3, 1391 a 1395.
- Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel, (2002a), CH₄ and CO₂ emissions from boreal reservoirs upon ice break-up, submitted to *Global Biogeochemical Cycles*.
- Duchemin, É, M. Lucotte, V. St-Louis, y R. Canuel, (2002b), Hydroelectric reservoirs as anthropogenic source of greenhouse gases, *World Resources Review*, págs. 27, 3.
- Fearnside, P.M. (2002). Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): págs. 69 a 96.
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard y P. Gosse, (1997), Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: a case study in French Guyana, *Global Biogeochemical Cycle*, 11,4, págs. 471 a 483.
- Hélie, (2003), Approche isotopique des flux et de la géochimie du carbone dans les milieux aquatiques de l'est du Canada : exemple du Saint-Laurent et du réservoir Robert-Bourassa, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canadá.

- Houel, (2002), *Dynamique de la matière organique terrigène dans les réservoirs boréaux*, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montreal (Quebec), Canadá, 111 págs.
- Huttunen, J.T., T.S. Vaisanen, S. K. Hellsten, M. Heikkinen, H. Nykanen, H. Jungner, A. Niskanen, M. O. Virtanen, O.V. Lindqvist, O. S. Nenonen, y P.J. Martikainen, (2002), Fluxes of CH₄, CO₂, and N₂O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahata in the northern boreal zone in Finland, *Global Biogeochemical Cycles*, pág. 16,1
- International Commission on Large Dams (ICOLD). 1998. *World register of Dams (1998)*. Paris. International Committee on large Dams (Ed.). Metadatabase..
- Junk, W.J., J.A.S.N. Mello, (1990), *Impactos ecologico das represas hidrelectricas na bacia amazonica brasileira, Estudo Avançado*, 126 a 143 págs. 4 (8).
- Keller, M. y R.F. Stallard. (1994). Methane emission by bubbling from Gatun lake, Panama, *J. Geophys. Res.*, págs. 99, D4, 8307 a 8319.
- Malik, L.K., Koronkevich, N.I., Zaitseva, I.S., Barabanova, E.A. (2000). *Development of Dams in the Russian Federation and NIS Countries*, A WCD briefing paper prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, <http://www.dams.org>
- Pinguelli Rosa, L., B. Matvienko Sikar, M.A. dos Santos, E. Matvienko Sikar, (2002), *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidroelétricos brasileiros, Relatório de referência – Inventário brasileiro de emissões antropicas de gás de efeito de estufa*, Ministério da Ciência e tecnologia, Brasil, 199 págs.
- Schlellhase, H.U. (1994). B.C. Hydro Strategic R&D; Carbon project - Reservoir case study, Powertech Labs inc., Final Report, págs. 1 a 57.
- Scott, K.J., C.A. Kelly, J.W.M. Rudd, (1999), The importance of floating peat to methane fluxes from flooded peatlands, *Biogeochemistry*, págs. 47, 187 a 202.
- Smith, L.K., y W.M. Lewis, (1992), Seasonality of methane emissions from five lakes and associated wetlands of the Colorado Rockies, *Global Biogeochemical Cycles*, págs. 6, 4, 323 a 338
- St-Louis, V., C. A. Kelly, É. Duchemin, J. W. M. Rudd y D.M. Rosenberg. (2000). Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases: a global estimate, *Bioscience*, 50,9, págs. 766 a 775.
- Tavares de Lima I. (2002). *Emissão de metano em reservatório hidroelétricos amazônicos através de leis de potência (Methane emission from Amazonian hydroelectric reservoirs through power laws)*, PhD Dissertation, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil, 119 págs.
- US Army Corps. (1996). *United States Army Corps of Engineers' national Inventory of Dams*. Metadatabase.US Army Corps (Ed.). Estados Unidos.
- WCD, (2000), *Dams and Development a new framework for Decision-Making*, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 págs.
- WCD, (2001), *Dams and Development a new framework for Decision-Making*, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.Xue, Y., D.A. Kovacic, M.B. David, L.E. Gentry, R.L. Mulvaney and C.W. Lindau (1999). In situ measurements of denitrification in constructed wetlands. *J. Environ. Qual.* 28, 263-269.Xuehui, M, and Yan, H. 1996. Peat and peatlands in China. . In: Lappalainen (Ed.), *Global Peat Resources*, International Peat Society, Finlandia, págs. 163 a 168.

APÉNDICE 3A.4 ASENTAMIENTOS: FUNDAMENTOS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

- Brack, C.L. (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by a urban forest. *Environmental Pollution* 116(Suppl. 1): S195-S200.
- Nowak, D.J.; Crane, D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States. *Environmental Pollution* 116(3): págs. 381 a 389.
- Nowak, D.J.; Rowntree, R.A.; McPherson, E.G.; Sisinni, S.M.; Kerkmann, E.R. y Stevens, J.C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning* 36: págs. 49 a 57.