



MÓDULO 5
CAMBIO DEL USO DE LA
TIERRA Y SILVICULTURA



5. CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

5.1 Introducción

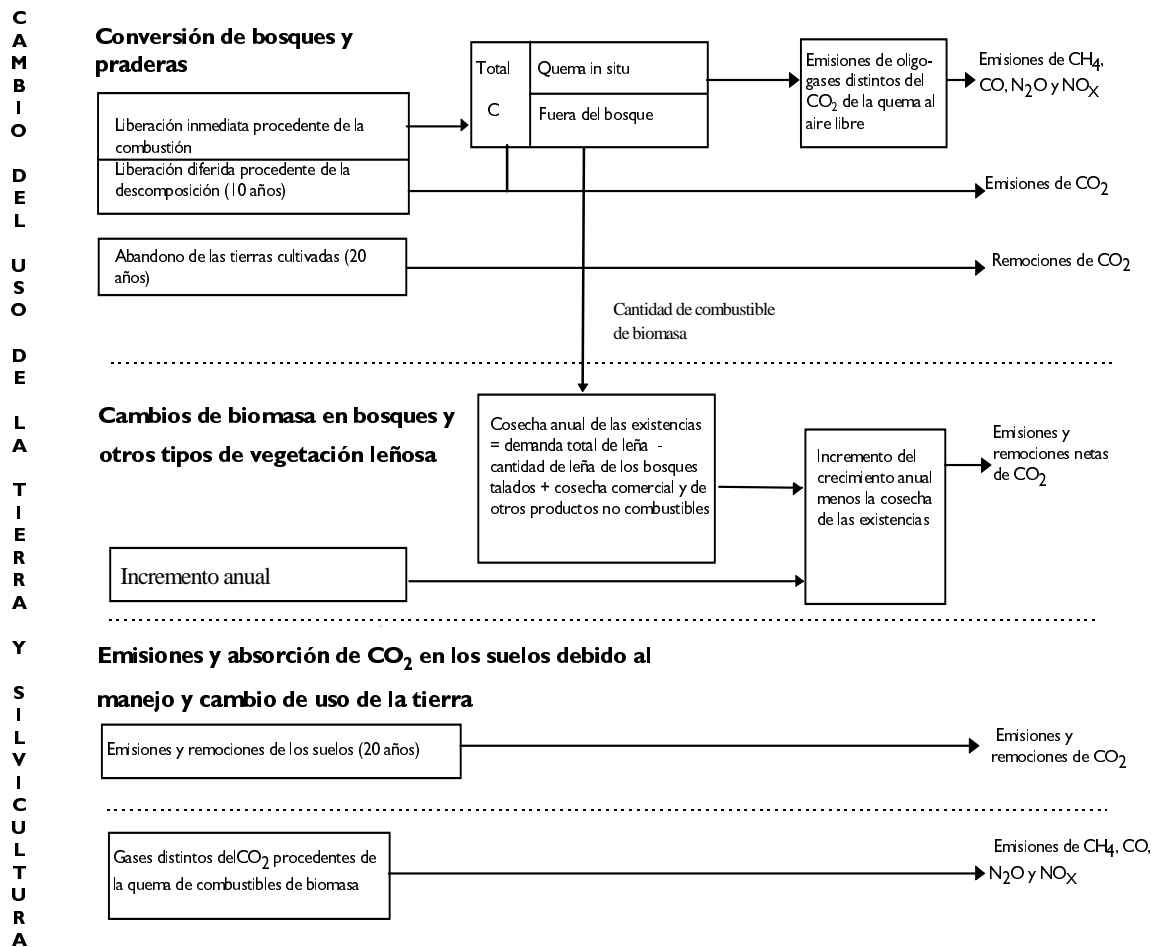
Los cálculos prioritarios de las emisiones procedentes del cambio del uso de la tierra y silvicultura se centran en tres actividades que son fuentes o sumideros de dióxido de carbono. Debe señalarse que esos cálculos llevan aparejados intrínsecamente incertidumbres o errores elevados. Investigaciones futuras permitirán elaborar directrices para estimar y expresar esos errores. Una de esas actividades es también fuente de emisiones de gases distintos del CO₂ (CH₄, CO, N₂O, y NO_x), que también se calculan en este módulo. Aunque los COVDM no se incluyen en este módulo, se reconoce que los bosques son una posible fuente antropogénica potencial de esos gases.

A escala mundial, los cambios más importantes respecto del uso de la tierra y las prácticas de manejo que redundan en emisión y absorción de CO₂ son:

- los cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa
- la conversión de bosques y praderas
- el abandono de las tierras cultivadas

También se calcula la liberación inmediata de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema vinculada a la conversión de bosques y praderas. Esos cálculos son muy parecidos a los correspondientes a las emisiones procedentes de la quema de sabanas y residuos agrícolas (en el módulo Agricultura, Capítulo 4). El cálculo de las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema de biomasa utilizada como combustible corresponde al módulo Energía. En el presente módulo se abordan las fuentes y sumideros de los gases de efecto invernadero.

DIAGRAMA 5-1 : RELACIONES ENTRE CATEGORÍAS



El diagrama que aparece más arriba muestra las relaciones entre las distintas categorías de este módulo, así como con la quema de combustible de biomasa correspondiente al módulo Energía. Las relaciones principales son:

- 1 La estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión durante la conversión de bosques y praderas sólo requiere conocer la cantidad total de biomasa quemada como resultado de la conversión de tierras en el año de inventario específico.
- 2 El total de biomasa quemada deberá dividirse en dos partes: *in situ* y *fuera del bosque* (leña) porque el tipo de combustión afecta las emisiones de gases distintos del CO₂ tales como el metano y, por lo tanto, es necesario aplicar distintos factores de emisión para la combustión al aire libre (*in situ*) y para el uso de leña (*fuera del bosque*).



- 3 Los países que tienen estadísticas fiables sobre la cosecha directa de todos los tipos de biomasa leñosa y sobre todos los usos de la biomasa como combustible deberán emplear esas cifras. En muchos países, no se incluyen en las estadísticas comerciales de la cosecha cantidades significativas de madera retirada de los bosques y otras existencias de biomasa (principalmente para uso doméstico). Esos países pueden utilizar las estadísticas del consumo de leña publicadas por la FAO. Esas estadísticas están basadas en estudios sobre el consumo doméstico de combustible y otros tipos de consumo, convertido a escala de la población, para determinar la demanda anual de combustible vegetal y de otros combustibles tradicionales. Se puede utilizar esa información **en lugar de, o en combinación con**, las estadísticas de cosecha y comercialización.

La información sobre el consumo de leña se emplea para dos fines:

- para estimar las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema de combustibles de biomasa.
- el consumo total de madera, una vez hecha la corrección para deducir la madera que corresponde a la conversión de los bosques y las praderas (CO₂ ya contabilizado) es también un elemento clave para calcular las emisiones o remociones netas de CO₂ debidas a los cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa.

5.2 Cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa

5.2.1 Introducción

En este submódulo se estudian las emisiones o remociones de carbono (y de dióxido de carbono) que obedecen a los cambios en la biomasa de bosques y de otros tipos de vegetación leñosa que resultan de la actividad humana.

5.2.2 Fuentes de los datos

Anuarios de Productos Forestales de la FAO (publicación anual)

Existen también varias bases de datos internacionales que cuentan con estadísticas para países específicos, así como estudios de determinados países. Entre ellas cabe citar:

Forest Resources Assessment 1990: Tropical Countries (FAO, 1993).

The Forest Resources of the Temperate Zones (ECE/FAO, Ginebra, 1992).

En el *Manual de Referencia de las Directrices del IPCC para realizar el inventario de los gases de efecto invernadero* se presenta una extensa bibliografía.

CATEGORÍAS DE BIOMASA LEÑOSA

Se incluyen los árboles que crecen en pueblos, granjas o zonas urbanas, así como otros programas de forestación para permitir a los usuarios tomar en cuenta la biomasa correspondiente a los árboles que crecen fuera de las zonas forestales habituales, los que podrían ser importantes para la contabilización de la leña en algunos países. Los usuarios deberán proporcionar todos los datos para esas categorías.

5.2.3 Metodología

Para calcular la absorción neta de CO₂, se estima el incremento anual de la biomasa en las plantaciones, los bosques talados o aprovechados de otra manera, el crecimiento de los árboles en ciudades, granjas y zonas urbanas, así como todas las demás existencias importantes de biomasa leñosa.

Se estima también la madera aprovechada para leña, así como la madera comercial para la construcción y para otros usos ya que podrían recolectarse informalmente cantidades considerables para el consumo tradicional de leña. En ese caso, las estadísticas comerciales deberán complementarse con la información de la FAO sobre el consumo de leña.

A continuación se calcula la absorción neta de carbono correspondiente a esas fuentes. Si la cifra es positiva, se considera remoción de CO₂, y si la cifra es negativa, se toma como emisión. Por último, la absorción o emisión neta de carbono se expresa en términos de CO₂.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la Hoja de trabajo que se encuentra al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para que pueda hacer copias adicionales en caso necesario.

PASO I ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE CARBONO EN EL CRECIMIENTO ANUAL DE LOS BOSQUES EXPLOTADOS Y PLANTADOS

Utilice la HOJA DE TRABAJO 5-I CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA, que aparece al final de este módulo, para anotar los datos del inventario.

- 1 Para cada tipo de existencia de biomasa, anotar la superficie de las Existencias de Bosques/Biomasa en kilohectáreas (kha) en la columna A que aparece en la parte inferior de la página.
- 2 Por lo que corresponde a los árboles dispersos (en zonas no boscosas) (es decir, en zonas urbanas, en pueblos y en granjas), anotar el número de árboles (en miles de árboles) en la columna A que aparece en la parte inferior de la página.
- 3 Para todos los tipos de bosque, indicar en la columna B la Tasa de Crecimiento Anual (en toneladas de materia seca por hectárea).

Los valores estadísticos por defecto presentados en las Tablas 5-1 ó 5-6 pueden emplearse cuando no se cuente con datos nacionales. El empleo de valores por defecto se traducirá en estimaciones nacionales sumamente inciertas.



TABLA 5-1
ACUMULACIÓN ANUAL MEDIA DE MATERIA SECA COMO
BIOMASA EN LAS PLANTACIONES

Tipos de bosques		Incremento anual de la biomasa (toneladas ms/ha/año)
Tropicales	<i>Acacia spp.</i>	15,0
	<i>Eucalyptus spp.</i>	14,5
	<i>Tectona grandis</i>	8,0
	<i>Pinus spp</i>	11,5
	<i>Pinus caribaea</i>	10,0
	Especies de maderas duras de lento crecimiento	6,8
	Especies de maderas duras de rápido crecimiento	12,5
Templados	Especies de maderas blandas	14,5
	Abeto Douglas (<i>Pseudotsuga douglassii</i>)	6,0
	Pino de incienso (<i>Pinus rigida</i>)	4,0

Nota: Éstas son tasas de acumulación medidas a lo largo de los ciclos de corta esperados de una plantación; las tasas reales variarán atendiendo a la edad de la plantación.
Las cifras correspondientes a las especies de bosques templados están basadas en mediciones llevadas a cabo en los Estados Unidos. Los datos para otras especies y otras regiones deberán ser suministrados por cada país (cuando estén disponibles).
Es posible derivar estimaciones adicionales para los bosques templados, por especie y por país a partir de las cifras que aparecen en ECE/FAO (1992), partiendo del supuesto de que los promedios nacionales del incremento neto anual de los rodales explotados y no sometidos a ordenación representan aproximaciones razonables para las plantaciones.

- 4 Por lo que respecta a los árboles en zonas no boscosas, se deberá anotar en la columna B la Tasa de Crecimiento Anual en kilotoneladas de materia seca por miles de árboles, es decir, la tasa media de crecimiento por árbol, multiplicada por 1.000.
- 5 Para cada tipo de bosque y pradera, multiplicar la Superficie de las Existencias de Bosques/Biomasa por la Tasa de Crecimiento Anual a fin de obtener el Incremento Anual de la Biomasa en kilotoneladas de materia seca. Indicar el resultado en la columna C.
- 6 En cuanto a los árboles en zonas no boscosas, multiplicar el Número de Árboles por la Tasa de Crecimiento Anual para obtener el Incremento Anual de la Biomasa en kilotoneladas de materia seca. Indicar el resultado en la columna C.
- 7 Para cada tipo de existencia de biomasa, indicar la Fracción de Carbono de la Materia Seca.
El valor por defecto es de 0,5 para toda la biomasa, si no se dispone de valores específicos.
- 8 Multiplicar el Incremento Anual de la Biomasa por la Fracción de Carbono de la Materia Seca para obtener el Incremento Total de la Absorción de Carbono. Indicar el resultado en la columna E.
- 9 Sumar las cifras de la columna E y anotar el resultado en la casilla correspondiente al Total que aparece en la parte inferior de la columna.

USO DE LAS ESTADÍSTICAS DE LAS COSECHAS COMERCIALES

Las estadísticas de las cosechas comerciales a veces abarcan sólo la parte comercial de la biomasa, en metros cúbicos (m³) rollizo. En ese caso, deberán hacerse dos ajustes para las cantidades cosechadas a fin de reflejar los valores necesarios para hacer el cálculo de las emisiones/ remociones de gases. Es necesario convertir el volumen de biomasa expresado en m³ a toneladas de materia seca (t ms).

- La tasa de conversión por defecto es 0,5 t ms/m³.

Además, se puede aplicar una tasa de expansión para contabilizar la biomasa no comercial (ramas, árboles pequeños, etc.) cosechada junto con los rollizos comerciales y abandonada para su descomposición. Se pueden utilizar las siguientes tasas por defecto:

- Bosques vírgenes 1,75
- Bosques explotados 1,90
- Bosques no productivos 2,00

Si se conoce el tipo de bosque del que se han cosechado los rollizos, se puede aplicar la tasa apropiada. Como valor por defecto puede usarse el valor de los bosques explotados. En el *Manual de Referencia* se presentan fórmulas más detalladas para calcular las tasas de expansión en función de la densidad de biomasa antes de la cosecha.

Si fuera necesario tomar en cuenta tanto la conversión como la expansión, se las puede combinar empleando tasas que son el producto de ambas:

Tipos de bosque	t ms de biomasa total / m ³ de madera rolliza comercial
Bosques vírgenes	0,88
Bosques explotados	0,95
Bosques no productivos	1,0

Algunas estadísticas de cosecha están basadas en la biomasa total (ya aplicadas las tasas de expansión) o en la masa de madera seca en lugar del volumen. Es muy importante que los usuarios determinen con sumo cuidado la índole de los valores de las fuentes de datos de las cosechas comerciales, apliquen los factores de conversión o expansión apropiados para obtener la biomasa total cosechada. Puede tratarse de:

- a conversión de volumen a masa solamente
- b ampliación de datos comerciales a masa total de materia seca
- c una combinación de ambos (a y b)

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE BIOMASA COSECHADA

- 1 Anotar en la columna F la cifra correspondiente a la Cosecha Comercial en miles de metros cúbicos.

Esos valores pueden tomarse de las fuentes locales. Los valores publicados por la FAO pueden usarse como valores por defecto. Consulte el recuadro *Uso de las Estadísticas de las Cosechas Comerciales* presentado en el margen.

- 2 Indicar en la columna G la Relación de Conversión/Expansión de la Biomasa en toneladas de materia seca por metro cúbico (t ms/m³) en caso necesario.
- 3 Multiplicar las cifras de la Cosecha Comercial por la Relación de Conversión/Expansión de la Biomasa (en caso necesario) para obtener el Total de Biomasa Extraída durante la Cosecha Comercial en kilotoneladas de materia seca. Indicar el resultado en la columna H.
- 4 Anotar el Consumo Total de Leña (incluida la madera empleada en la producción del carbón vegetal) tomándolo de las estadísticas de la FAO sobre el consumo de leña.
- 5 Anotar en la columna J el Total de los Otros Usos de la Madera en kilotoneladas de materia seca.

Si se ha extraído madera, pero no se ha contabilizado en las estadísticas de la cosecha comercial o del consumo de leña, se puede anotar en este apartado.

- 6 Sumar las cifras del Consumo Total de Leña (columna I) con las del Total de la Biomasa Extraída durante la Cosecha Comercial (columna H) y del Total de los Otros Usos de la Madera (columna J) para obtener el Consumo Total de Biomasa. Indicar el resultado en la columna K. Sumar esa columna e indicar el resultado en la casilla correspondiente a Totales que aparece en la parte inferior de la columna.
- 7 Anotar en la parte inferior de la columna L la Madera Extraída por la Tala de los Bosques (cifra total de la columna M, HOJA DE TRABAJO 5-2, hoja 3, Cantidad de Biomasa Quemada Fuera del Bosque).
- 8 Restar la Madera Extraída por la Tala de los Bosques del Consumo Total de Biomasa para obtener el Consumo Total de Biomasa de las Existencias en kilotoneladas de materia seca. Indicar el resultado en la casilla situada en la parte inferior de la columna M.

PASO 3 CONVERSIÓN DE LA MADERA COSECHADA A CARBONO LIBERADO

- 1 Anotar en la columna N la Fracción de Carbono (el valor general por defecto para la biomasa viva es de 0,5).
- 2 Multiplicar el Consumo Total de Biomasa de las Existencias (columna M) por la Fracción de Carbono (columna N) para obtener la Liberación Anual de Carbono (en kilotoneladas de carbono). Indicar el resultado en la columna O.



PASO 4 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD NETA ANUAL DE CARBONO ABSORBIDO O EMITIDO

- 1 Restar la Liberación Anual de Carbono (columna O) del Incremento Total de la Absorción de Carbono (columna E) para obtener la Absorción o Liberación Neta Anual de Carbono. Indicar el resultado en la columna P.
- 2 Multiplicar la Absorción o Liberación Neta Anual de Carbono (columna P) por 44/12 para obtener la cifra correspondiente a la Absorción (si fuera positiva) o Liberación (si fuera negativa) Anual de CO₂. Indicar el resultado en la columna Q.
- 3 Para los efectos de la presentación de informes resumidos y para lograr máxima uniformidad con otras categorías de emisión/remoción, es necesario invertir el signo de esos resultados, a fin de expresar las emisiones como valor positivo y las remociones como valor negativo.

5.3 Emisiones de CO₂ procedentes de la conversión de bosques y praderas

5.3.1 Introducción

La conversión de bosques y praderas a tierras de cultivo o pastos permanentes ocurre principalmente en los trópicos. La tala de los bosques tropicales supone generalmente el desbroce del sotobosque y la tala de árboles, actividades que van seguidas de la quema de biomasa in situ o de su aprovechamiento como leña. En este proceso, parte de la biomasa se quema y otra parte permanece en el campo, donde se descompone lentamente (por lo general a lo largo de un período de diez años en los trópicos). Una pequeña parte del material quemado (5-10%) se convierte en carbón vegetal, que resiste a la descomposición durante más de 100 años, y el resto se libera instantáneamente a la atmósfera en forma de CO₂.

Cuando la conversión de bosques y praderas en tierras de cultivo y pastos permanentes ocurre en zonas no tropicales, deberán emplearse los mismos cálculos básicos.

Los suelos experimentan también pérdida de carbono después de la conversión, sobre todo cuando la tierra se cultiva. La conversión de praderas en tierras de labranza da origen también a emisiones de CO₂, principalmente de los suelos. En la Sección 5.6 se presentan estimaciones de las emisiones de carbono procedentes de esas prácticas.

5.3.2 Fuentes de los datos

Para llevar a cabo la labor del inventario en esta sección es necesario contar con las siguientes estadísticas para la superficie de bosques y praderas.

Las superficies de bosques y praderas convertidas en tierras cultivadas y pastos, por tipo, durante dos períodos:

- el año del inventario
- los últimos diez años

Las imágenes por satélite, la fotografía aérea, y las encuestas sobre el terreno son todas posibles fuentes de información.

También existen varias bases de datos internacionales que tienen estadísticas para países específicos, así como estudios de diferentes países. Entre éstas cabe destacar:

Forest Resources Assessment 1990: Tropical Countries (FAO, 1993). En el *Libro de Trabajo* se incluyen tablas resumidas para los países tropicales

The Forest Resources of the Temperate Zones (ECE/FAO, Ginebra, 1992).

En el *Manual de Referencia* aparece una extensa bibliografía.

5.3.3 Metodología

Para obtener las estimaciones de las emisiones de CO₂ procedentes de la conversión de bosques y praderas se emplean tres tipos de cálculos:

- El dióxido de carbono emitido durante la quema de la biomasa aérea (emisiones *inmediatas*, que ocurren en el año de la conversión)
- El dióxido de carbono liberado durante la descomposición de la biomasa aérea (emisiones *diferidas*, que ocurren a lo largo de un período de diez años).
- El dióxido de carbono liberado de los suelos (que se calcula en la Sección 5.6).

Los totales se suman para obtener el total del carbono liberado de la vegetación. Esa cifra se convierte seguidamente en emisiones de CO₂.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la Hoja de trabajo que se encuentra al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para que pueda hacer copias adicionales en caso necesario.

PASO I ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA TALADA

Utilice la HOJA DE TRABAJO 5-2 - CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS, que aparece al final de este módulo, para anotar los datos del inventario. Se debe realizar esta tarea para cada tipo de bosque y pradera:

- 1 Indicar en la columna A la Superficie Convertida Anualmente en kilohectáreas. En la Tabla 5-2 se presentan los valores por defecto para los bosques tropicales de acuerdo a la FAO, clasificados en las categorías de bosques indicadas en el Recuadro 2 y en la Tabla 5-1 del *Manual de Referencia*.

En el Apéndice Técnico, Capítulo 5 del *Manual de Referencia*, se examinan otras fuentes internacionales de datos.

- 2 Anotar en la columna B las cifras correspondientes a la Biomasa antes de la Conversión en toneladas de materia seca por hectárea (t ms/ha). Los valores por defecto aparecen en las Tablas 5-3 y 5-4.
- 3 Anotar en la columna C las cifras de la Biomasa Después de la Conversión en toneladas de materia seca por hectárea (t ms/ha).



Esa cifra incluye tanto la biomasa que permanece en pie después de la tala (valor por defecto = 0) como la biomasa del cultivo establecido en le área talada. El valor por defecto en este ultimo caso es de 10 toneladas de materia seca por hectárea en el caso de las cosechas anuales; y puede ser considerablemente superior en el de las especies leñosas perennes (por ej., café, árboles de caucho) (véase el *Manual de Referencia*).

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

TABLA 5-2
SUPERFICIE DE LOS BOSQUES (MILES DE HA) Y TASAS DE CONVERSIÓN (TC, 1000 HA/AÑO) PARA LOS PAÍSES TROPICALES

África									
Países	Muy húmedos			Húmedos con estación seca corta			Húmedos con estación seca larga		
	1980	1990	TC	1980	1990	TC	1980	1990	TC
Angola				3123,3	2904,5	21,9	9717,9	9037,3	68,1
Botswana									
Burundi							50,6	47,0	0,4
Camerún	8386,0	8020,5	36,5	8573,2	8098,1	47,5	1987,5	1793,6	19,4
Cabo Verde									
Rep. C. Africana	706,3	706,3		11095,2	10504,7	59,0	18400,9	17761,8	63,9
Chad							4414,0	3932,2	48,2
Congo	7794,8	7667,1	12,8	12393,0	12197,9	19,5			
Benin				847,1	838,4	0,9	3903,1	3344,5	55,9
Guinea Ecuat.	915,7	882,2	3,3	965,4	929,6	3,6			
Etiopía									
Djibouti									
Gabón	1228,2	1154,5	7,4	18170,0	17080,0	109,0			
Gambia							85,5	79,1	0,6
Ghana				3910,9	3575,9	33,5	6581,0	5575,5	100,5
Guinea	388,3	384,7	0,4	1204,3	1119,8	8,5	5820,0	5060,2	76,0
Costa de Marfil				8537,0	7519,2	101,8	3482,8	3312,1	17,1
Kenya				12,9	12,9				
Liberia	948,0	892,5	5,5	3939,1	3740,8	19,8			
Madagascar	4780,9	4506,7	27,4				4190,9	3777,1	41,4
Malawi							3397,9	2947,7	45,0
Malí							4082,8	3705,6	37,7
Mauritania									
Mozambique				965,9	903,0	6,3	6180,5	5623,0	55,7
Namibia									
Níger									
Nigeria	1269,1	1196,6	7,2	6371,4	5983,5	38,8	6649,1	6027,5	62,2
Guinea-Bissau				129,4	129,4		2050,9	1892,0	15,9
Zimbabwe									
Ruanda									
Senegal							2766,9	2585,9	18,1
Sierra Leona	805,2	756,1	4,9	883,3	829,4	5,4	296,5	278,4	1,8
Somalia									
Sudán				2149,3	1797,5	35,2	12456,1	10674,9	178,1
Tanzania				667,7	626,0	4,2	15738,5	13502,2	223,6
Togo				320,5	293,1	2,7	1214,0	1025,2	18,9
Uganda							1229,0	1090,8	13,8
Burkina Faso							2265,1	2112,5	15,3
Zaire	64047,7	60436,6	361,1	42769,1	40380,1	238,9	5446,7	4829,0	61,8
Zambia							24221,2	21676,1	254,5
TOTAL	91270,0	86603,9	466,6	127027,8	119463,4	756,4	146629,2	131691,0	1493,8



TABLA 5-2 (CONT.)
SUPERFICIE DE LOS BOSQUES (MILES DE HA) Y TASAS DE CONVERSIÓN (TC, 1000 HA/AÑO) PARA LOS PAÍSES TROPICALES

África									
Países	Secos			Húmedos montanos			Secos montanos		
	1980	1990	TC	1980	1990	TC	1980	1990	TC
Angola	7761,8	7218,1	54,4	3401,3	3163,1	23,8			
Botswana	3098,9	2940,4	15,8						
Burundi				59,8	56,8	0,3	136,2	128,8	0,7
Camerún	637,8	584,5	5,3	1897,7	1767,4	13,0			
Cape Verde									
Rep. C. Africana.	845,8	816,8	2,9	806,3	772,2	3,4			
Chad	5285,5	5024,3	26,1						
Congo									
Benin	894,1	764,4	13,0						
Guinea Ecuatorial				14,9	14,3	0,1			
Etiopía	2065,8	2007,6	5,8	5524,2	5347,9	17,6	838,3	824,9	1,3
Djibouti									
Gabón									
Gambia	19,0	17,5	0,1						
Ghana	438,2	403,8	3,4						
Guinea				145,4	127,6	1,8			
Costa de Marfil				77,6	72,7	0,5			
Kenya	18,8	18,8		725,4	678,0	4,7	240,0	230,2	1,0
Liberia				0,2	0,2	0,0			
Madagascar	2424,5	2219,3	20,5	4985,4	4596,2	38,9			
Malawi	191,0	165,6	2,5	422,1	372,7	4,9			
Malí	4954,6	4547,6	40,7						
Mauritania									
Mozambique	10881,1	10162,9	71,8	14,0	13,1	0,1			
Namibia	2607,3	2520,9	8,6						
Níger	190,4	190,4							
Nigeria	1444,6	1380,1	6,4	267,4	243,2	2,4			
Guinea-Bissau									
Zimbabwe	8258,8	7729,4	52,9	73,3	68,6	0,5			
Ruanda				137,5	134,0	0,3	30,7	29,9	0,1
Senegal	1845,8	1716,3	12,9						
Sierra Leona				26,3	24,7	0,2			
Somalia									
Sudan	19514,6	17757,2	175,7	600,3	502,3	9,8	235,9	217,3	1,9
Tanzania	13677,7	12374,6	130,3	3054,7	2705,2	34,9	367,8	329,5	3,8
Togo	36,9	34,5	0,2						
Uganda				4701,0	4281,5	42,0	763,1	698,2	6,5
Burkina Faso	1643,8	1533,1	11,1						
Zaire	118,2	111,0	0,7	8138,5	7448,3	69,0	76,4	69,8	0,7
Zambia	11347,8	10287,7	106,0	361,6	337,5	2,4			
TOTAL	100202,7	92526,9	767,6	35434,9	32727,3	270,8	2688,3	2528,5	16,0

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

TABLA 5-2 (CONT.)
SUPERFICIE DE LOS BOSQUES (MILES DE HA) Y TASAS DE CONVERSIÓN (TC, 1000 HA/AÑO) PARA LOS PAÍSES TROPICALES

Sur y Sudeste Asiático - continental e insular									
Países	Muy húmedos			Húmedos con estación seca corta			Húmedos con estación seca larga		
	1980	1990	TC	1980	1990	TC	1980	1990	TC
Bangladesh	895,5	572,2	32,3				249,5	197,3	5,2
Bután	186,3	176,0	1,0						
Brunei	476,4	458,3	1,8						
Myanmar	13709,9	12093,8	161,6				12123,8	10426,7	169,7
Sri Lanka	263,2	247,0	1,6				705,8	605,3	10,1
India	8723,4	8228,5	49,5				7422,8	7044,7	37,8
Indonesia	104211,8	93949,9	1026,2	3284,0	3005,3	27,9	457,8	360,8	9,7
Cambodia	1873,0	1689,3	18,4				4002,9	3610,4	39,3
Laos	4356,4	3960,2	39,6				4969,9	4542,4	42,7
Malasia	20028,0	16338,8	368,9						
Nepal	647,9	608,7	3,9				1382,8	1300,1	8,3
Pakistán							15,4	10,9	0,5
Papua N.Guinea	30244,2	29323,5	92,1	727,2	705,0	2,2			
Filipinas	6610,2	4214,2	239,6	919,6	593,6	32,6	1442,1	1004,0	43,8
Singapur	4,4	4,4							
Tailandia	4589,9	3081,6	150,8				7189,3	5231,7	195,8
Vietnam	3371,6	2894,5	47,7				3939,1	3381,6	55,7
TOTAL	200192,2	177840,6	2235,2	4930,9	4303,9	62,7	43901,3	37715,9	618,5
Países	Secos			Húmedos montaños			Secos montaños		
	1980	1990	TC	1980	1990	TC	1980	1990	TC
Bangladesh									
Bután				2360,9	2230,4	13,1			
Brunei									
Myanmar	393,4	351,1	4,2	6588,8	5941,8	64,7			
Sri Lanka	988,1	836,1	15,2	57,6	57,3	0,0			
India	28393,5	26252,3	214,1	9159,0	8803,8	35,5	116,4	116,4	
Indonesia	80,0	72,9	0,7	13555,9	12083,2	147,3			
Cambodia	7506,8	6770,7	73,6	94,5	92,7	0,2			
Laos	2473,5	2267,0	20,7	2667,5	2403,5	26,4			
Malasia				1517,6	1244,3	27,3			
Nepal	39,3	37,1	0,2	2691,2	2361,2	33,0			
Pakistán	5,9	4,2	0,2	824,5	583,3	24,1	1186,4	839,3	34,7
Papua N.Guinea	430,4	417,2	1,3	5538,4	5369,8	16,9			
Filipinas				2019,4	2019,4				
Singapur									
Tailandia	4382,6	3159,1	122,3	1726,1	1262,9	46,3			
Vietnam	1108,5	951,6	15,7	1263,3	1084,5	17,9			
TOTAL	45801,9	41119,2	468,3	50064,4	45538,0	452,6	1302,8	955,7	34,7



TABLA 5-2 (CONT.)
SUPERFICIE DE LOS BOSQUES (MILES DE HA) Y TASAS DE CONVERSIÓN (TC, 1000 HA/AÑO) PARA LOS PAÍSES TROPICALES

Centroamérica, América del Sur y Caribe

Países	Muy húmedos			Húmedos con estación seca corta			Húmedos con estación seca larga		
	1980	1990	TC	1980	1990	TC	1980	1990	TC
Antigua y Barbuda							10,0	9,8	0,0
Bahamas							153,7	123,8	3,0
Bolivia				23967,7	21453,8	251,4	16024,9	14128,2	189,7
Brasil	301722,3	291596,6	1012,6	95197,0	87729,1	746,8	118943,9	109353,2	959,1
Belice	1798,0	1755,4	4,3				238,4	238,4	
Colombia	49682,6	47455,3	222,7	705,7	549,5	15,6	4347,1	3551,0	79,6
Costa Rica	842,2	625,1	21,7				0,0	0,0	0,0
Cuba	125,3	113,8	1,1				1372,6	1246,8	12,6
Dominica	47,3	44,1	0,3						
Rep. Dominicana	451,8	340,9	11,1				362,3	273,3	8,9
Ecuador	8572,4	7149,9	142,3	1619,5	1350,8	26,9	381,0	317,8	6,3
El Salvador	40,8	32,6	0,8				15,3	12,2	0,3
Guyana francesa	7996,2	7993,5	0,3	3,1	3,1				
Granada							3,6	5,5	-0,2
Guadalupe	95,5	92,5	0,3						
Guatemala	3820,1	3402,9	41,7				730,5	730,5	
Guyana	11671,1	11671,1		1217,9	1176,1	4,2	4039,8	3901,4	13,8
Haití	7,4	4,5	0,3				14,3	8,8	0,6
Honduras	1597,5	1285,9	31,2				542,4	436,6	10,6
Jamaica	259,4	122,2	13,7				240,7	113,4	12,7
Martinica	45,0	42,8	0,2						
México	2717,6	2440,8	27,7				13091,1	11110,3	198,1
Nicaragua	4477,8	3712,2	76,6				419,6	347,8	7,2
Panamá	2136,6	1801,8	33,5				67,6	66,5	0,1
Paraguay				843,2	473,0	37,0	7681,4	5564,2	211,7
Perú	41501,0	40358,0	114,3	12679,3	12298,8	38,1			
Puerto Rico	42,8	49,4	-0,7				130,7	150,6	-2,0
St. Kitts y Nevis							13,0	13,2	0,0
St. Lucía	7,7	4,5	0,3						
St. Vincent	12,7	10,3	0,2				0,3	0,2	0,0
Surinam	9490,2	9405,3	8,5	1086,7	1044,5	4,2	4317,7	4317,7	
Trinidad y Tobago	191,8	155,0	3,7						
Venezuela	21073,8	19601,8	147,2	3434,7	2978,1	45,7	15403,0	12487,3	291,6
TOTAL	470426,8	451267,9	1915,9	140754,7	129056,7	1169,8	188544,9	168508,6	2003,6

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

**TABLA 5-2 (CONT.)
SUPERFICIE DE LOS BOSQUES (MILES DE HA) Y TASAS DE CONVERSIÓN (TC, 1000 HA/AÑO) PARA LOS PAÍSES TROPICALES**

Centroamérica, América del Sur y el Caribe									
Países	Secos			Húmedos montanos			Secos montanos		
	1980	1990	TC	1980	1990	TC	1980	1990	TC
Antigua y Barbuda									
Bahamas	58,7	47,3	1,1	7,8	6,3	0,2			
Bolivia	8261,6	7345,5	91,6	7253,1	6339,6	91,3	51,7	45,5	0,6
Brasil	31989,0	28862,5	312,6	49963,7	43565,2	639,9			
Belice				9,8	2,4	0,7			
Colombia	21,9	18,0	0,4	2971,8	2486,3	48,6	4,8	3,7	0,1
Costa Rica				1081,1	802,5	27,9			
Cuba	2,5	2,3	0,0	321,5	292,0	2,9	65,9	59,9	0,6
Dominica									
Rep. Dominicana				553,8	417,8	13,6	60,1	45,3	1,5
Ecuador	52,2	43,5	0,9	3716,6	3099,9	61,7			
El Salvador				98,5	78,5	2,0			
Guyana francesa									
Granada									
Guadalupe									
Guatemala				463,3	91,7	37,2	24,0		2,4
Guyana				1667,7	1667,7				
Haití	0,0	0,0	0,0	14,6	9,0	0,6	1,6	1,0	0,1
Honduras				3442,4	2770,9	67,1	138,2	111,2	2,7
Jamaica	0,2	0,1	0,0	5,7	2,7	0,3	1,5	0,7	0,1
Martinica				0,0	0,0				
México	1886,8	1590,3	29,6	9909,6	8903,9	100,6	25070,0	22356,8	271,3
Nicaragua				2356,1	1953,3	40,3			
Panamá				1556,3	1248,6	30,8			
Paraguay	8305,2	6794,1	151,1	54,1	27,3	2,7			
Perú	22,8	18,8	0,4	15742,9	14692,3	105,1	102,0	84,9	1,7
Puerto Rico				104,6	120,5	-1,6			
St. Kitts y Nevis									
St. Lucía									
St. Vincent									
Surinam									
Trinidad y Tobago									
Venezuela	326,6	221,9	10,5	11400,2	10371,8	102,8	25,9	17,8	0,8
TOTAL	50927,5	44944,3	598,3	112695,2	98950,1	1374,5	25545,7	22726,8	281,9

Fuentes: Los datos se han tomado de la FAO (1993) y de M. Lorenzini (comunicación personal, 1996). Las superficies de los bosques y las tasas de conversión se dividen en las mismas categorías indicadas en el Recuadro 2 y la Tabla 5-1 del *Manual de Referencia*.



TABLA 5-3
MATERIA SECA EN LA BIOMASA AÉREA EN LOS BOSQUES TROPICALES
(TONELADAS MS/HA)

Bosques tropicales						
	Muy húmedos	Húmedos con estación seca corta	Húmedos con estación seca larga	Secos	Húmedos montanos	Secos montanos
	R > 2000	2000>R>1000		R<1000	R>1000	R<1000
África	300	140	60-90	20-55	105	40
Asia: continental	225	185	100	75	190	no hay datos
insular	275	175	no hay datos	escasos a inexistentes	255	inexistentes
América	295	no hay datos	90	105	150	50

R= precipitaciones anuales en mm/año.
Fuentes: Consultar el *Manual de Referencia* (Tabla 5-4). En la Tabla 5-5 del *Manual de Referencia* se presentan estimaciones adicionales de la biomasa para diferentes tipos de bosques y clases de perturbación, por zona climática.

TABLA 5-4
MATERIA SECA EN LA BIOMASA AÉREA EN LOS BOSQUES TEMPLADOS Y BOREALES
(TONELADAS MS/HA)

Bosques templados	Coníferas	220-295
	Latifoliadas	175-250
Bosques boreales	Mezcla de latifoliadas y coníferas	40-87
	Coníferas	22-113
	Bosque-tundra	8-20

Fuentes: Consultar el *Manual de Referencia*

- Restar las cifras de la columna C de las de la columna B para obtener la correspondiente al Cambio Neto en la Densidad de la Biomasa en toneladas de materia seca por hectárea e indicar el resultado en la columna D.
- Multiplicar la Superficie Convertida Anualmente (en kilohectáreas) por el Cambio Neto en la Densidad de la Biomasa (en toneladas por hectárea) para calcular la Pérdida Anual de Biomasa para cada tipo de bosque/pradera en kilotoneladas de materia seca (kt ms). Indicar el resultado en la columna E.

PASO 2 ESTIMACIÓN DEL CARBONO LIBERADO POR LA QUEMA DE BIOMASA AÉREA IN SITU

FRACCIONES

En el cálculo de las emisiones procedentes de la conversión de bosques y praderas se emplean varias fracciones.

- Fracción de la biomasa quemada in situ y fuera del bosque.
- Fracción abandonada que se descompone en el campo. Ésta es la parte de la biomasa que queda en el campo y se descompone, liberando gases más lentamente.
- Fracción oxidada durante la combustión. Ésta es la fracción de la biomasa quemada que en realidad se oxida en lugar de convertirse en carbón vegetal.

- 1 Anotar en la columna F las cifras correspondientes a la Fracción de la Biomasa Quemada in Situ, por tipo de bosque y de pradera (véase el recuadro).
- 2 Multiplicar la Pérdida Anual de Biomasa (en kilotoneladas) por la Fracción de la Biomasa Quemada in Situ para calcular la Cantidad de Biomasa Quemada in Situ (en kilotoneladas de materia seca) para cada tipo de bosque y de pradera. Indicar el resultado en la columna G.
- 3 Indicar en la columna H la Fracción de la Biomasa Oxidada in Situ (el valor por defecto de esta fracción es de 0,9).
- 4 Multiplicar la Cantidad de Biomasa Quemada in Situ (en kilotoneladas de materia seca) por la Fracción de Biomasa Oxidada in Situ para calcular la Cantidad de Biomasa Oxidada in Situ (en kilotoneladas de materia seca). Anotar las cifras en la columna I.
- 5 Anotar en la columna J la Fracción de Carbono de la Biomasa aérea (quemada in situ) (el valor por defecto de la fracción es 0,5).
- 6 Multiplicar la Cantidad de Biomasa Oxidada in Situ (en kilotoneladas de materia seca) por la Fracción de Carbono de la Biomasa Aérea para calcular la Cantidad de Carbono Liberado (en kilotoneladas de carbono). Indicar el resultado en la columna K.
- 7 Sumar las cifras de la columna K y anotar el resultado en la casilla correspondiente al Subtotal que aparece en la parte inferior de esa columna de la Hoja de trabajo.

Ese Subtotal se utilizará más adelante para estimar las emisiones de otros gases procedentes de la quema in situ. (HOJA DE TRABAJO 5-3)

PASO 3 ESTIMACIÓN DEL CARBONO LIBERADO POR LA QUEMA DE LA BIOMASA AÉREA FUERA DEL BOSQUE

- 1 Indicar en la columna L la Fracción de Biomasa Quemada fuera del Bosque.
- 2 Multiplicar la Pérdida Anual de Biomasa (en kilotoneladas de materia seca) reflejada en la columna E por la Fracción de Biomasa Quemada fuera del Bosque a fin de calcular la Cantidad de Biomasa Quemada fuera del Bosque (en kilotoneladas de materia seca) para cada tipo de bosque y de pradera. Indicar el resultado en la columna M.
- 3 Sumar las cifras de la columna M y anotar el resultado en la casilla correspondiente al Subtotal que aparece en la parte inferior de la columna de la Hoja de trabajo.
- 4 Indicar en la columna N la Fracción de la Biomasa Oxidada fuera del Bosque para cada tipo de bosque y de pradera (el valor por defecto de esta fracción es de 0,9).



- 5 Multiplicar la Cantidad de Biomasa Quemada fuera del Bosque (en kilotoneladas de materia seca) por la Fracción Oxidada a fin de calcular la Cantidad de Biomasa Oxidada fuera del Bosque (en kilotoneladas de materia seca). Anotar los resultados en la columna O.
- 6 Anotar en la columna P la Fracción de Carbono de la Biomasa Aérea (quemada fuera del bosque) (el valor por defecto de esta fracción es de 0,5).
- 7 Multiplicar la Cantidad de Biomasa Oxidada fuera del Bosque (en kilotoneladas de materia seca) por la Fracción de Carbono de la Biomasa Aérea para calcular la Cantidad de Carbono Liberado (en kilotoneladas). Indicar el resultado en la columna Q.
- 8 Sumar las cifras de la columna Q y anotar el resultado en la casilla correspondiente al Subtotal, en la parte inferior de la columna en la Hoja de trabajo.

PASO 4 ESTIMACIÓN DEL CARBONO TOTAL LIBERADO POR LA COMBUSTIÓN DE LA BIOMASA AÉREA IN SITU Y FUERA DEL BOSQUE

- 1 Sumar el subtotal de la Cantidad de Carbono liberado de la Biomasa Quemada In Situ que aparece en la columna K al subtotal de la Cantidad de Carbono liberado (de la Biomasa Quemada Fuera del Bosque) reflejado en la columna Q. El resultado es el Carbono Total Liberado (procedente de la quema in situ y fuera del bosque). Indicar el resultado en la casilla correspondiente al Subtotal, en la parte inferior de la columna R.

PASO 5 ESTIMACIÓN DEL CO₂ LIBERADO POR LA DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA AÉREA

- 1 Anotar en la columna A las cifras correspondientes a la Superficie Media Convertida (promedio de diez años) para cada tipo de bosque y de pradera.

Como valores por defecto, se pueden emplear las cifras de la Tabla 5-2 ya que las tasas de conversión son el promedio del período de 10 años que va de 1980 a 1990.
- 2 Anotar en la columna B el promedio de la Biomasa antes de la Conversión en toneladas de materia seca por hectárea (t ms/ha). Los valores por defecto se indican en las Tablas 5-3 y 5-4.
- 3 Anotar en la columna C el promedio de la Biomasa Después de la Conversión en toneladas de materia seca por hectárea (t ms/ha). Esa cifra incluye toda la biomasa que queda en pie después de la tala (el valor por defecto es 0) y la biomasa del cultivo agrícola establecido. (El valor por defecto es 10 toneladas de materia seca por hectárea.)
- 4 Restar la cifra de la columna C del valor de la columna B para obtener el Cambio Neto en la Densidad de la Biomasa en toneladas de materia seca por hectárea. Indicar el resultado en la columna D.

ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN ABANDONADA QUE SE DESCOMPONE

En el Amazonas, la *Fracción Abandonada que se Descompone* es generalmente del 0,5, pero puede experimentar considerables variaciones de una región a otra. Los expertos locales deben proporcionar ese valor.

Existe una relación entre la fracción abandonada que se descompone y la fracción quemada in situ y fuera del bosque. En un año determinado, la fracción quemada, la abandonada que se descompone (y posiblemente la fracción cosechada como madera comercial o para usos distintos del combustible) debe sumar 1,0, dando cuenta de toda la biomasa eliminada. Como las partes quemada y descompuesta se promedian en la metodología a lo largo de distintos períodos de tiempo, la relación no tiene que ser necesariamente precisa. Sin embargo, los supuestos en que se basan esas distintas fracciones deben ser coherentes.

Por otra parte, en aquellos países en que la leña es muy escasa, podría no abandonarse ninguna madera in situ para su quema o descomposición.

- 5 Multiplicar la Superficie Media Convertida (promedio de diez años) en kilohectáreas (columna A) por el Cambio Neto en la Densidad de la Biomasa en toneladas de materia seca por hectárea (columna D) a fin de calcular la Pérdida Media Anual de Biomasa (aérea) para cada tipo de bosque y de pradera en kilotoneladas de materia seca (kt ms). Indicar el resultado en la columna E.
- 6 Anotar en la columna F la Fracción Abandonada que se Descompone (promedio de 10 años) (véase el recuadro).
- 7 Multiplicar la Pérdida Media Anual de Biomasa de cada tipo de bosque y de pradera por la Fracción Abandonada que se Descompone con el fin de calcular la Cantidad de Biomasa Abandonada que se Descompone. Indicar el resultado en la columna G.
- 8 Anotar en la columna H la Fracción de Carbono en la Biomasa Aérea (el valor por defecto de la fracción es de 0,5).
- 9 Multiplicar la Cantidad de Biomasa Abandonada que se Descompone (columna G) por la Fracción de Carbono (columna H) para calcular el Carbono Liberado de la Descomposición de la Biomasa Aérea. Anotar las cifras en la columna I.
- 10 Sumar las cifras de la columna I y anotar el resultado en la casilla correspondiente al Subtotal, en la parte inferior de la columna.

PASO 6 ESTIMACIÓN DEL TOTAL DE EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE LA CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

- 1 Anotar en la columna A el total correspondiente a la Liberación Inmediata procedente de la Combustión (tomado de la casilla correspondiente al subtotal de la columna R en la HOJA DE TRABAJO 5-2, hoja 3).
- 2 Indicar en la columna B el total correspondiente a Emisiones Diferidas procedentes de la Descomposición (tomado de la casilla correspondiente al subtotal de la columna I en la HOJA DE TRABAJO 5-2, hoja 4).
- 3 Sumar las cifras de las columnas A y B para calcular el Total Anual de Carbono Liberado (en el Año del Inventario procedente de la tala de bosques durante un período de diez años). Indicar el resultado en la columna C.
- 4 Multiplicar el Total Anual de Carbono Liberado por 44/12 para convertir el resultado en el Total Anual de CO₂ Liberado (en Gg). Indicar el resultado en la columna D.



5.4 Quema in situ de bosques: Emisiones de gases distintos del CO₂

5.4.1 Introducción

Toda quema de biomasa (por ej., leña, estiércol) para la obtención de energía, así como la quema de las sabanas y de los residuos agrícolas es una fuente significativa de CH₄, N₂O, CO y NO_x. Las emisiones netas de CO₂ procedentes de la conversión de bosques y praderas se han calculado en la Sección 5.3 *supra*. En esta sección se calculan las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de la quema in situ de bosques.

5.4.2 Metodología

El método depende de la estimación del flujo bruto de carbono basado en el trabajo realizado en la Sección 5.3 de este *Libro de Trabajo*.

Las emisiones de CH₄ y CO se estiman como relaciones con respecto a los flujos de carbono emitidos durante la quema. El contenido total de nitrógeno se estima atendiendo a la relación de nitrógeno-carbono. Las estimaciones de las emisiones de N₂O y NO_x se calculan como relaciones con respecto al nitrógeno total.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Utilice la HOJA DE TRABAJO 5-3 - QUEMA IN SITU DE BOSQUES para anotar las cifras de este submódulo.

PASO I ESTIMACIÓN DEL NITRÓGENO LIBERADO

- 1 Anotar en la columna A la estimación de la Cantidad de Carbono Liberado durante la quema in situ de bosques (en kilotoneladas de carbono).

Tomar esa cifra de la columna K de la HOJA DE TRABAJO 5-2, hoja 2, *Conversión de Bosques y Praderas*.

- 2 Indicar en la columna B la Relación de Nitrógeno-Carbono correspondiente a la Biomasa Quemada.

El valor general por defecto es 0,01.

- 3 Multiplicar la Cantidad de Carbono Liberado por la Relación de Nitrógeno-Carbono para obtener el Total del Nitrógeno Liberado. Anotar esa cifra en kilotoneladas de nitrógeno en la columna C.

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la Hoja de trabajo que se encuentra al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para que pueda hacer copias adicionales en caso necesario.

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO₂

- 1 Anotar en la columna D las Relaciones de Emisión de los gases distintos del CO₂.

En la Tabla 5-5 se indican las relaciones de emisión de los gases distintos del CO₂.

Compuesto	Relación
CH ₄	0,012 (0,009-0,015)
CO	0,06 (0,04-0,08)
N ₂ O	0,007 (0,005-0,009)
NO _x	0,121 (0,094-0,148)

Nota: Las relaciones para los compuestos del carbono corresponden a la masa de carbono liberado como CH₄ o CO (en unidades de C) con respecto a la masa total del carbono liberado en la combustión (en unidades de C). Las de los compuestos de nitrógeno se expresan en términos de las relaciones del nitrógeno liberado como N₂O y NO_x con respecto al nitrógeno contenido en el combustible (en unidades de N). Para más información sobre las fuentes, consultar el *Manual de Referencia*.

- 2 Multiplicar la Cantidad de Carbono Liberado (columna A) por la relación de emisión para el CH₄ a fin de obtener la Cantidad de CH₄ liberado. Anotar en la columna E la cantidad en kilotoneladas de C.
- 3 Multiplicar la Cantidad de Carbono Liberado (columna A) por la relación de emisión correspondiente al CO para obtener la Cantidad de CO liberado. Anotar en la columna E la cantidad en kilotoneladas de C.
- 4 Multiplicar el Total del Nitrógeno Liberado (columna C) por la relación de emisión correspondiente al N₂O para obtener la Cantidad de N₂O liberado. Anotar en la columna E la cantidad en kilotoneladas de N.
- 5 Multiplicar el Total del Nitrógeno Liberado (columna C) por la relación de emisión para los NO_x a fin de obtener la Cantidad de NO_x Liberados. Anotar en la columna E la cantidad en kilotoneladas de N.
- 6 Multiplicar las cifras de la columna E por las relaciones de conversión¹ que aparecen en la columna F para obtener el total de las emisiones de CH₄, CO, N₂O y NO_x. Indicar en la columna G el resultado en Gg, que es lo mismo que si se hiciera en kilotoneladas.

¹ Las relaciones de los pesos moleculares indicadas para los gases emitidos son por respecto al peso del nitrógeno y del carbono en la molécula. La relación para el N₂O es de 44/28 y la de los NO_x es de 46/14. El NO₂ se ha empleado como molécula de referencia para los NO_x.



5.5 Abandono de las tierras cultivadas

5.5.1 Introducción

En este submódulo se trata de las remociones netas de CO₂ en la acumulación de biomasa procedentes del abandono de tierras *cultivadas*. Éstas incluyen:

- las tierras cultivadas (las tierras arables utilizadas para la producción de cosechas)
- los pastizales (las tierras utilizadas para el pastoreo de animales).

La acumulación de carbono en las tierras abandonadas depende del tipo de ecosistema natural (tipo de bosque o praderas) que vuelve a crecer. Por lo tanto, se deberá anotar la regeneración de las tierras abandonadas según su tipo. Por lo que respecta a las praderas, el supuesto por defecto es que la acumulación neta en la superficie de la tierra es nula.

Como las tasas de regeneración disminuyen con el tiempo, se consideran los siguientes períodos:

- Tierras abandonadas durante los 20 años anteriores al Año del Inventario (esto es, 1990)
- Tierras abandonadas entre 20 y 100 años atrás (es decir, antes de 1970 y después de 1870).

Cuando se abandonan las tierras cultivadas, el carbono podría o no volver a acumularse en la tierra. Por ese motivo, las tierras abandonadas se dividen en dos grupos: aquellas en que el carbono se vuelve a acumular y las que no se regeneran o continúan degradándose.

Sólo deben incluirse las tierras naturales que se regeneran para volver a alcanzar su estado natural. En ese cálculo deben ignorarse las tierras que no se regeneran ni se degradan.

Al igual que sucede con la Conversión de Bosques y Praderas, el efecto de la regeneración forestal sobre el carbono del suelo se trata en la Sección 5.6 del *Libro de Trabajo*.

5.5.2 Metodología

Se emplean dos conjuntos de cálculos para producir estimaciones de las remociones de CO₂ procedentes de la regeneración de la biomasa y la recuperación de los suelos. Tienen que ver con la cantidad de tierra abandonada y el período de tiempo durante el que han estado abandonadas:

- Absorción anual de carbono por la biomasa aérea (tierras abandonadas en los últimos veinte años)
- Absorción anual de carbono en la biomasa aérea (tierras abandonadas entre veinte y cien años atrás, si se aplica).

Se suman esas cifras y el total del carbono absorbido se convierte en remociones de CO₂.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Utilice la HOJA DE TRABAJO 5-4 - ABANDONO DE LAS TIERRAS CULTIVADAS, que aparece al final de este módulo para registrar los datos del inventario.

PASO 1 CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA (TIERRAS ABANDONADAS EN LOS ÚLTIMOS VEINTE AÑOS)

- 1 Anotar en la columna A la Superficie Total Abandonada y en etapa de Regeneración en los últimos 20 años (en kilohectáreas).
No se dispone de valores por defecto para esas cifras.
- 2 Anotar en la columna B la Tasa Anual de Crecimiento de la Biomasa Aérea (en toneladas de materia seca por hectárea). En la Tabla 5-6 se presentan los valores por defecto.
- 3 Multiplicar la Superficie Total Abandonada y en etapa de Regeneración (columna A) por la Tasa Anual de Crecimiento de la Biomasa Aérea (columna B) para obtener el Crecimiento Anual de la Biomasa Aérea (en kt de materia seca). Indicar el resultado en la columna C.
- 4 Anotar en la columna D la Fracción de Carbono de la Biomasa Aérea (el valor por defecto de esta fracción es de 0,5).
- 5 Multiplicar el Crecimiento Anual de la Biomasa Aérea (columna C) por la Fracción de Carbono de la Biomasa Aérea (columna D) para obtener la Absorción Anual de Carbono de la Biomasa Aérea. Indicar el resultado en la columna E.
- 6 Sumar las cifras de la columna E y anotar el resultado en la casilla correspondiente al Subtotal en la parte inferior de la columna.

PASO 2 CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA (TIERRAS ABANDONADAS DURANTE MÁS DE VEINTE AÑOS)

- 1 Anotar en la columna G la Superficie Total Abandonada durante más de Veinte Años (en kilohectáreas).
- 2 Anotar en la columna H la Tasa Anual de Crecimiento de la Biomasa Aérea (en toneladas de materia seca por hectárea).
En la Tabla 5-6 se presentan los valores por defecto.
- 3 Multiplicar la Superficie Total Abandonada (columna G) por la Tasa Anual de Crecimiento de la Biomasa Aérea (columna H) para obtener el Crecimiento Anual de la Biomasa Aérea (en kt de materia seca). Indicar el resultado en la columna I.
- 4 Anotar en la columna J la Fracción de Carbono de la Biomasa Aérea (el valor por defecto de la fracción es de 0,5).
- 5 Multiplicar el Crecimiento Anual de la Biomasa Aérea (columna I) por la Fracción de Carbono de la Biomasa Aérea (columna J) a fin de obtener



- la Absorción Anual de Carbono de la Biomasa Aérea. Indicar el resultado en la columna K.
- 6 Sumar las cifras de la columna K y anotar el total en la casilla correspondiente al Subtotal, en la parte inferior de la columna.

PASO 3 CÁLCULO DEL TOTAL DE LAS REMOCIONES DE CO₂ EN LAS TIERRAS ABANDONADAS

- 1 Sumar los subtotales de las columnas E y K y anotar en la columna L Absorción Total de Carbono de las Tierras Abandonadas.
- 2 Multiplicar la Absorción Total de Carbono de las Tierras Abandonadas por 44/12 para obtener la Absorción Total de Dióxido de Carbono correspondiente al abandono de las tierras cultivadas (en Gg). Indicar el resultado en la columna M.
- 3 A los fines de la preparación de informes resumen, y para mantener la uniformidad con otras categorías de emisiones y remociones, se deberá invertir el signo de los resultados, de manera que la remoción de CO₂ en las tierras abandonadas se exprese como valor negativo (es decir, como emisiones negativas).

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la Hoja de trabajo que se encuentra al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para que pueda hacer copias adicionales en caso necesario.

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

TABLA 5-6 CRECIMIENTO ANUAL MEDIO DE LA BIOMASA AÉREA POR REGENERACIÓN NATURAL (toneladas MS/HA)						
Bosques tropicales						
	Muy húmedos	Húmedos con estación seca corta	Húmedos con estación seca larga	Secos	Húmedos montanos	Secos montanos
	R ≥ 2000	2000 > R > 1000		R ≤ 1000	R > 1000	R < 1000
África						
≤20 años	10	5,3	2,3-2,5	0,8-1,5	5	2
>20 años	2,5	1,3	0,6-3,0	0,2-1,6	1	0,5
Asia:						
Continental						
≤20 años	11	9	6	5	5	no hay datos
>20 años	3	2	1,5	1,3	1	
Insular						
≤20 años	13	11	no hay datos	escasos o inexistentes	12	
>20 años	3,4	3			3	
América						
≤20 años	10	no hay datos	4	4	5	1,8
>20 años	2,6		1	1	1,4	0,4
Nota: R= precipitaciones anuales en mm/año						
Bosques templados				0-20 años	20-100 años	
	Coníferas			3,0	3,0	
	Latifoliadas			2,0	2,0	
Bosques boreales				0-20 años	20-150 años	
	Mezcla de latifolias y coníferas			0,7-2,0	0,7-6,4	
	Coníferas			0,5-1,9	0,5-5,0	
	Bosque - tundra			0,2-0,5		
TODAS ESTAS TASAS REGIONALES DE CRECIMIENTO MEDIO DEBERÁN CONSIDERARSE SÓLO A TÍTULO INDICATIVO. SI LOS BOSQUES REPRESENTAN UNA PARTE CONSIDERABLE DEL INVENTARIO TOTAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE UN PAÍS, DEBERÁN EMPLEARSE LOS DATOS LOCALES DISPONIBLES O SOLICITAR LA OPINIÓN DE UN EXPERTO PARA LLEGAR A CONTAR CON VALORES QUE REFLEJEN LAS CONDICIONES Y LAS PRÁCTICAS.						
Para más información sobre las fuentes, consultar el <i>Manual de Referencia</i> .						



5.6 Emisiones o absorción de CO₂ en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra

5.6.1 Introducción

En la metodología se incluyen estimaciones de las emisiones netas de CO₂ (fuentes y sumideros) de tres procesos: 1) los cambios en el carbono almacenado en los suelos y la cubierta muerta de los suelos minerales debido a cambios en las prácticas del uso de las tierras, 2) las emisiones de CO₂ procedentes de suelos orgánicos convertidos a la agricultura o plantaciones forestales, y 3) las emisiones de CO₂ procedentes del abonado con cal de los suelos agrícolas. En la actualidad, no se incluyen las emisiones ni la absorción de CO₂ asociadas con los minerales carbonatados naturales en los suelos.

5.6.2 Fuentes de los datos

No se cuenta con conjuntos de datos estandarizados a nivel mundial para estos cálculos. Los principales datos necesarios son la información sobre la distribución de los diferentes tipos de suelo y las prácticas relativas al uso de la tierra en el país. La información para calcular las repercusiones de las diferentes prácticas de uso de la tierra sobre los inventarios del carbono en los suelos pueden obtenerse de experimentos sobre el terreno a largo plazo. Entre las fuentes de ese tipo de información destacan:

- los reconocimientos topográficos de suelos y otros inventarios de los recursos nacionales
- las estadísticas sobre el uso de las tierras y las estadísticas sobre la producción agrícola
- los compendios de experimentos de campo a largo plazo. (Para más información sobre las fuentes, consultar el *Manual de Referencia*.)

La información para realizar la estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de la aplicación de cal puede obtenerse de las estadísticas del uso de la cal, o pueden derivarse de las estadísticas de producción y de importación-exportación.

5.6.3 Metodología

Los cálculos de las emisiones de CO₂ procedentes de los suelos minerales están basados en la contabilización de los cambios en las existencias de carbono en los suelos (y en la cubierta muerta) como función de los cambios en el uso de la tierra y las prácticas agrícolas. Para realizar los cálculos de los cambios ocurridos en las existencias de carbono se utiliza un período de inventario de veinte años. Ello requiere contar con una estimación de la distribución de los sistemas de uso de las tierras atendiendo al tipo de suelos para el año en curso (es decir, el del inventario) y para veinte años atrás. Para un ejemplo de cálculo, consultar el *Manual de Referencia*. Las estimaciones de las existencias del carbono de los suelos se basan solamente en los 30 cm superiores del perfil del suelo. Las capas más profundas del

suelo pueden contener también cantidades apreciables de carbono, sobre todo en el caso de los suelos tropicales, pero por lo general se ven mucho menos afectadas por los cambios en el uso de las tierras y las prácticas de manejo de las tierras que las capas superiores; asimismo, se cuenta con menos información sobre las capas más profundas.

Los cálculos de las emisiones de CO₂ procedentes de los suelos orgánicos se llevan a cabo empleando estimaciones anuales de las emisiones que dependen de la región climática y del uso de la tierra. Por lo tanto, es necesario contar con información sobre la extensión aérea de los suelos orgánicos empleados en este momento y el uso actual de las tierras. Las tasas de emisión indicadas en el método están basadas en un estudio de publicaciones científicas en todo el mundo.

Los cálculos de las emisiones procedentes del abono con cal de las tierras agrícolas requieren solamente datos sobre la cantidad y (preferiblemente) el tipo de material aplicado.

Cómo llenar las Hojas de trabajo

Utilice la HOJA DE TRABAJO 5-5 CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES que aparece al final de este módulo para anotar los datos del inventario.

SISTEMAS DE MANEJO Y USO DE LAS TIERRAS

Estos deberán representar los principales tipos de sistemas de manejo de las tierras empleados en el país, así como los tipos de ecosistemas que se convierten a la agricultura (por ej., bosque, sabana, pradera) o que se han derivado del uso agrícola de las tierras en el pasado (por ej., tierras abandonadas, tierras reforestadas). Los sistemas deberán reflejar también las diferencias en las existencias del carbono en los suelos que pueden obedecer a diferencias en las prácticas de manejo. Por lo que respecta a los cambios en las prácticas de manejo que se traducen en cambios en las existencias de carbono a lo largo de un período relativamente prolongado (es decir, > 10 años), deberán definirse uno o más sistemas de "sucesión natural" (por ej., tierras abandonadas recientemente, tierras abandonadas hace muchos años) (véase el Paso 2). En el Apéndice se presentan ejemplos de sistemas de manejo por defecto para las diferentes regiones climáticas.

PASO I ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO Y USO DE LA TIERRA POR TIPO DE SUELO (SUELOS MINERALES SOLAMENTE) PARA LAS FASES INICIAL Y FINAL DEL PERÍODO DE INVENTARIO

- 1 Definir los tipos de sistemas de manejo de la tierra que se utilizarán en el inventario.
- 2 Indicar en la columna A el Sistema de Manejo de la Tierra.
Deberán hacerse tantas copias de la hoja I de la HOJA DE TRABAJO 5-5, como sean necesarias para dar cuenta de todos los sistemas de manejo utilizados en el inventario (se presentan ejemplos en el Apéndice del Libro de Trabajo y en la Tabla 5-10 del *Manual de Referencia*).
- 3 Indicar en la columna E la Superficie de las Tierras para cada sistema subdividido por el tipo de suelo en millones de hectáreas para el año de inventario actual (t).
Si un sistema de manejo de las tierras no existe para un tipo específico de suelo, deberá indicarse con un cero ("0").
- 4 Anotar en la columna D la Superficie de las Tierras para el año del inventario, (t-20), es decir, veinte años antes del año del inventario en curso.

Nota: Las superficies totales para cada tipo de suelo (la suma de todos los sistemas de uso de la tierra) en el año t, y en el año, t-20, deben ser idénticas. Para verificar que así sea, se sumarán las cifras de la columna D correspondientes a todos los sistemas de manejo de la tierra. Se repetirá el procedimiento para todas las cifras de la columna E. Las



sumas de las columnas D y E deberán ser idénticas (es decir, iguales a la superficie total de las tierras en el inventario).

PASO 2 ASIGNACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO POR SISTEMA DE MANEJO Y USO DE LA TIERRA Y TIPO DE SUELO

- 1 En el caso de los tipos de ecosistemas naturales, indicar en la columna C las cifras correspondientes al Carbono en los Suelos en toneladas de C/ha. En la Tabla 5-7 aparecen los valores por defecto.

En los casos en que la agricultura repercute sobre el ecosistema, deberá utilizarse en su lugar la HOJA DE TRABAJO ADICIONAL 5-5A para estimar el carbono de los suelos.

En el caso de los sistemas en que hay repercusiones de la agricultura se emplea la ecuación siguiente:

$$\text{Carbono en los suelos}_{\text{manejados}} = \text{Carbono en los suelos}_{\text{naturales}} \times \text{Factor de base} \times \text{Factor de labranza} \times \text{Factores de insumos}$$

HOJA DE TRABAJO 5-5A (ADICIONAL): CARBONO EN LOS SUELOS DE TIERRAS AFECTADAS POR LA AGRICULTURA.

- 1 Indicar en la columna A el Sistema de Manejo de la Tierra, identificado en el Paso 1 de la HOJA DE TRABAJO 5-5.
Hacer tantas copias de la HOJA DE TRABAJO 5-5A (ADICIONAL) como sean necesarias para dar cuenta de todos los sistemas de manejo.
- 2 Anotar en la columna C el Contenido de Carbono en los Suelos con Vegetación Natural. En la Tabla 5-7 se presentan los valores por defecto.
- 3 Indicar en la columna D el Factor de Base. En la Tabla 5-8 se presentan los valores por defecto.
- 4 Anotar en la columna E el Factor de Labranza. Los valores por defecto se presentan en la Tabla 5-8. Cuando no existan valores por defecto ni datos específicos para el país, indicar I.
- 5 Anotar en la columna F los Factores de Insumo. Los valores por defecto se presentan en la Tabla 5-8. Cuando no existan valores por defecto ni datos específicos para el país, indicar I.
- 6 Multiplicar los valores en la columnas C, D, E y F. Anotar el producto en la columna G correspondiente al Carbono en los Suelos en las Tierras Afectadas por la Agricultura.
- 7 Anotar las cifras de la columna E en la columna C de la HOJA DE TRABAJO 5-5, hoja I.

VALORES POR DEFECTO DE LOS FACTORES DE LABRANZA Y DE INSUMOS

En la Tabla 5-8 se presentan los valores por defecto de los Factores de Labranza y de Insumos, atendiendo a las definiciones por defecto de los Sistemas de Manejo de la Tierra indicados. Se debe señalar que todas las definiciones contenidas en el Apéndice pueden ser clasificadas empleando las definiciones por defecto presentadas en la Tabla 5-8.

TABLA 5-7 CONTENIDO APROXIMADO DE CARBONO EN LOS SUELOS CON VEGETACIÓN NATURAL (TONELADAS DE CARBONO/HA PARA UNA PROFUNDIDAD DE 0-30 CM)					
Región	Suelos muy activos	Suelos poco activos	Suelos arenosos	Suelos volcánicos (andisoles)	Suelos pantanosos (acuíquicos)
Templada fría, seca	50	40	10	20	70
Templada fría, húmeda	80	80	20	70	180
Templada cálida, seca	70	60	15	70	120
Templada cálida, húmeda	110	70	25	130	230
Tropical, seca	60	40	4	50	60
Tropical, húmeda estación seca larga	100	50	5	70	100
Tropical, húmeda - estación seca corta	140	60	7	100	140
Tropical, muy húmeda	180	70	8	130	180



TABLA 5-8^a
COEFICIENTES UTILIZADOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO POR DEFECTO

Sistema	GS ^b	FB	Factor de labranza ^c			Factores de insumo ^d				
			Sin labranza	Labr. reduc.	Labr. intens.	Insumos reduc.	Insumos moder.	Insumos elevados	Barbecho largo	Barbecho corto
Templado										
Cultivado a largo plazo	A,B,C,D	0,7	1,1	1,05	1,0	0,9	1,0	1,1/1,2		
Cultivado a largo plazo	E	0,6	1,1	1,05	1,0	0,9	1,0	1,1/1,2		
Pastos mejorados	Todos los suelos	1,1				ND	ND	ND		
Reservados (<20 años)	Todos los suelos	0,8				ND	ND	ND		
Reservados (>20 años)	Todos los suelos	0,9				ND	ND	ND		
Tropical										
Cultivado a largo plazo	A,B,C,D	0,6	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	1,1/1,2		
Cultivado a largo plazo	E	0,5	1,1	1,0	0,8	0,8	0,9	1,1/1,2		
Arroz de tierra anegadiza	Todos los suelos	1,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Cultivo migratorio (incluido barbecho)	Todos los suelos	0,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,0	0,8
Tierras abandonadas/degradadas	Todos los suelos	0,5								
Pastos no mejorados	Todos los suelos	0,7				ND	ND	ND		
Pastos mejorados	Todos los suelos	1,1				ND	ND	ND		

^a Las partes sombreadas de la tabla, en que no aparecen factores de labranza y de insumos, indican casos en que esos factores no resultan aplicables a un sistema de manejo. En los casos en que no se han determinado (ND) los factores de labranza o de insumos, ello obedeció a que la información era insuficiente para ir más allá de la estimación de un factor de base.

GS = Grupo de Suelo, FB = Factor de Base; Reduc. = Reducido, Moder. = Moderado.

^b Grupos de suelos A = Muy activos, B = Poco activos, C = Arenosos, D = Volcánicos, E = Acuíquicos

^c Se da por supuesto que el no empleo de labranza aumenta el contenido de C del suelo en comparación con la labranza intensiva (inversión total del suelo). Se da por supuesto que la labranza reducida (por ej., considerable perturbación de los suelos pero sin inversión) produce pequeños aumentos en comparación con la labranza intensiva.

^d Los factores de insumo se aplican a los niveles de residuos y al aprovechamiento de los residuos, a la utilización de siembras de protección, capa vegetal, agrosilvicultura, la frecuencia del barbecho negro en sistemas templados semiáridos. El nivel reducido de insumos corresponde a las zonas en que los residuos de las cosechas se retiran o se queman, o se utiliza barbecho negro; el nivel moderado de insumos, a las zonas en que permanecen en los campos los residuos de las cosechas; el nivel elevado de insumos se aplica a aquellas zonas en que los residuos añadidos se aumentan considerablemente con la adición de cubierta orgánica, abonos vegetales, o mayor producción de residuos de las cosechas (1.1) o la adición con regularidad de volúmenes elevados de estiércol (1.2), en comparación con el caso nominal (promedio).

PASO 3 CÁLCULO DE LAS EMISIONES ANUALES NETAS DE LOS SUELOS MINERALES

- 1 Multiplicar la cifra del Carbono en los Suelos que aparece en la columna C por la de la Superficie de las Tierras indicada en la columna D. Anotar ese valor en la columna F.
- 2 Multiplicar la cifra del Carbono en los Suelos en la columna C por la de la Superficie de las Tierras en la columna E. Anotar el producto en la columna G.
- 3 Restar las cifras de la columna F de las de la columna G. Indicar el resultado en la columna H, Cambio Neto en el Carbono de los Suelos Minerales, para cada uno de los usos de las tierras y cada tipo de suelo.

Los valores negativos representan pérdidas netas de carbono y los valores positivos representan aumentos netos del carbono almacenado.

- 4 Sumar las cifras de la columna H para todos los sistemas de manejo de la tierra e indicar ese valor en la parte inferior de la columna H.

SUELOS ORGÁNICOS SOMETIDOS A USO INTENSIVO

Las emisiones de CO₂ procedentes de los suelos orgánicos se toman en cuenta solamente en el caso de los suelos que se encuentran sometidos actualmente a uso intensivo para la producción de cosechas o plantaciones forestales. No deben incluirse en el inventario los suelos orgánicos comprendidos en los tipos de ecosistemas naturales (cuyo contenido de C probablemente es estable o va en aumento).

PASO 4 CÁLCULO DE LAS EMISIONES ANUALES PROCEDENTES DE LOS SUELOS ORGÁNICOS

- 1 Indicar la Superficie de las Tierras (en hectáreas) correspondiente a los suelos orgánicos en la columna A de la HOJA DE TRABAJO 5-5, hoja 2, para la zona climática del caso (las zonas climáticas se definen en el Apéndice) y el uso de los suelos.
- 2 Anotar en la columna B la Tasa Anual de Pérdida. En la Tabla 5-9 se presentan los valores por defecto. Deberá utilizarse información específica para el país cuando esté disponible.
- 3 Multiplicar la Superficie de las Tierras en la columna A por la Tasa Anual de Pérdida en la columna B y anotar el producto en la columna C.
- 4 Sumar las cifras de la columna C y anotar el resultado en la parte inferior de la columna.

PASO 5 CÁLCULO DE LAS EMISIONES ANUALES PROCEDENTES DEL ABONADO CON CAL DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS

- 1 Indicar la Cantidad Total Anual de Cal (en todo el país), en la columna A de la HOJA DE TRABAJO 5-5, hoja 3, atendiendo al tipo de cal. Si no se cuenta con información sobre el tipo de cal aplicado, se da por supuesto que la totalidad de la cal es carbonato cálcico (CaCO₃).
- 2 Multiplicar las cifras de la columna A por los Factores de Conversión de Carbono en la columna B y anotar el producto en la columna C.
- 3 Sumar las cifras de la columna C e indicar el resultado en la parte inferior de la columna.



PASO 6 ESTIMACIÓN DEL TOTAL DE EMISIONES NETAS DE LOS SUELOS

- 1 Indicar en la columna A (primera fila) el Cambio Neto Total en el Carbono de los Suelos Minerales de todas las HOJAS DE TRABAJO 5-5, hoja 1.
- 2 Anotar en la columna A (segunda fila) la Pérdida Neta Total de los Suelos Orgánicos de todas las HOJAS DE TRABAJO 5-5, hoja 2.
- 3 Indicar en la columna A (tercera fila) las Emisiones de Carbono procedentes del Abonado con Cal tomadas de la HOJA DE TRABAJO 5-5, hoja 3.
- 4 Multiplicar las cifras de la columna A por los Factores de Conversión de Unidades en la columna B para obtener el Total Anual de Emisiones de Carbono en gigagramos por año. Anotar esas cifras en la columna C.
Se debe señalar que deberá copiarse el signo explícito (por ej., + o -) para el cambio en las existencias de carbono en los suelos minerales indicado en la HOJA DE TRABAJO 5-5, hoja 1.
- 5 Multiplicar cada una de las cifras de la columna C por 44/12 y anotar el resultado en la columna D.
- 6 Sumar todas las cifras de la columna D e indicar el resultado en la parte inferior de la columna para obtener el Total Anual de Emisiones (netas) de CO₂ de los suelos afectados por la agricultura.

Uso agrícola de los suelos orgánicos	Tasa anual de pérdida (MgC/ha/año)
Templados frescos	
Cosechas de tierra alta	1,0
Praderas/bosques	0,25
Templados cálidos	
Cosechas de tierra alta	10
Praderas/bosques	2,5
Tropicales	
Cosechas de tierra alta	20
Praderas/bosques	5



Apéndice: Definiciones por defecto de los sistemas de manejo y uso de la tierra

I. TEMPLADO FRÍO, SECO

Caracterizado por una temperatura media anual (TMA) de < 10 C y precipitación anual inferior a la evapotranspiración. La producción de cosechas está limitada por el suministro insuficiente de agua, y por una estación de crecimiento relativamente corta e inviernos crudos que limitan la selección de cultivos. **Incluye las zonas siguientes: porción septentrional de los Grandes Llanos de la América del Norte, y extensas zonas en Asia central y oriental.**

- a) Pastizales (no mejorados): praderas, a menudo dominadas por especies nativas, utilizadas para el pastoreo de ganado (principalmente vacuno) con intensidad relativamente baja. Por lo general reciben solamente aportes mínimos para aumentar su fertilidad o controlar las plagas.
- b) Cereales pequeños con período de barbecho en el verano: predominan los cultivos anuales de primavera (por ej., trigo, cebada, lino y semilla de colza/canola) cultivados en secuencia con barbecho periódico en el verano (práctica utilizada para reponer la humedad y los nutrientes del suelo, que supone dejar la tierra sin sembrar durante toda una estación de crecimiento, controlándose la maleza con la labranza y/o la aplicación de herbicidas). Por lo general, los suelos reciben solamente aportes reducidos de nutrientes y otros fertilizantes.
- c) Cereales pequeños con cultivo continuo - labranza tradicional: predominan los cultivos anuales de primavera, tanto en monocultivo como en diferentes combinaciones (incluido trigo, cebada, avena, lino, canola, centeno, mostaza, lentejas y guisantes). Los cultivos continuos requieren un mayor aporte de nutrientes que los sistemas de cultivo con período de barbecho en el verano. El control de la maleza se obtiene con herbicidas (durante la estación de crecimiento) en combinación con la labranza en la primavera y/o el otoño.
- d) Cereales pequeños con cultivo continuo - sin labranza: predominan los cultivos anuales de primavera, tanto en monocultivo como en diferentes combinaciones (incluidos trigo, cebada, avena, lino, canola, centeno, mostaza, lentejas y guisantes). El cultivo continuo requiere mayor aporte de nutrientes que los sistemas de cultivo con período de barbecho durante el verano. La maleza se controlan solamente con el empleo de herbicidas, y las cosechas se siembran sin labranza previa directamente en los residuos de la cosecha anterior que permanecen en los campos.
- e) Cereales pequeños/rotación de plantas forrajeras: predominan las especies perennes de hierbas o leguminosas, interrumpidas periódicamente por varias cosechas anuales consecutivas (por lo general cereales o semillas oleaginosas sembrados en la primavera). La duración de un período típico de rotación puede oscilar entre cinco y diez años. Como este sistema se utiliza frecuentemente conjuntamente con la producción de ganado, podrían recuperarse en el estiércol cantidades considerables de nutrientes.

- f) Heno/pastos mejorados: predominan las especies perennes de gramíneas y leguminosas mantenidas durante períodos prolongados, principalmente como forraje. Las plantas forrajeras son generalmente especies no autóctonas, introducidas debido a su productividad comparativamente elevada.
- g) Praderas de sucesión normal: tierras previamente cultivadas que se han convertido nuevamente en praderas, pero que todavía no han alcanzado las características de los pastizales naturales. Por lo general está establecida una única especie o mezcla de gramíneas como resultado del abandono de las tierras o debido a la ejecución de un programa gubernamental, en muchos casos destinado a lograr la estabilización de las tierras empobrecidas o la reducción de las superficies cultivadas si ha habido excedentes de producción.
- h) Sistemas de cultivos de regadío: por lo general incluyen gran diversidad de cultivos de valor relativamente elevado adaptados a estaciones de crecimiento cortas, incluidos: semillas oleaginosas y cereales sembrados en la primavera, plantas forrajeras de elevado valor y legumbres (por ej., papas, tubérculos y hortalizas). Debido al elevado costo del regadío, los sistemas de cultivo van acompañados generalmente de un elevado aporte de nutrientes y otras sustancias fertilizantes para maximizar el rendimiento y la calidad de la cosecha.

2. TEMPLADO FRÍO, HÚMEDO

Caracterizado por una TMA < 10 C y precipitación anual cercana o superior a la evapotranspiración. La producción de cosechas está limitada por la corta estación de crecimiento y los inviernos relativamente crudos. La temperatura no se presta para el cultivo de granos forrajeros que requieren temperaturas cálidas como el maíz y la soja; la producción está dominada por cereales pequeños, plantas forrajeras y tubérculos. **Incluye la mayoría de los países escandinavos, Finlandia y partes de Rusia y América del Norte.**

- a) Bosque: la vegetación natural incluye bosques de especies caducifolias y taiga (bosque de coníferas); a menudo intercalados con humedales (turberas). Suelos relativamente recientes producto de la glaciación; muchos de ellos ácidos con una espesa capa de cubierta muerta (suelos podsólicos).
- b) Monocultivo de cereales pequeños: cultivos anuales en que predomina el trigo pero también hay cebada, avena, centeno y semilla de colza (canola). Se emplea normalmente labranza intensiva (arado). Empleo generalmente elevado de fertilizantes, obteniéndose cosechas abundantes, que oscilan entre 5 y 10 t/ha. En algunas zonas poco importantes puede emplearse todo un año de barbecho negro a intervalos irregulares; en el pasado se utilizaba más comúnmente para controlar la maleza (antes de la introducción de los herbicidas).
- c) Rotación de cereales/especies perennes de plantas forrajeras: se cultivan cereales pequeños y semilla de colza rotándolos con gramíneas forrajeras y leguminosas, así como tubérculos. Es típico de explotaciones agropecuarias que incluyen producción de leche.
- d) Pastizales permanentes: destinados al pastoreo y/o a la producción de heno. Por lo general, los suelos o las zonas climáticas no resultan



apropiados para la producción de cultivos intensivos (son comunes en las zonas septentrionales de los países escandinavos y Finlandia).

- e) Praderas y tierras reservadas para bosques: la superficie de las praderas fluctúa considerablemente de un año a otro debido a las variaciones en las políticas de los subsidios. La rotación de bosques a corto plazo para obtención de energía de biomasa se está incrementando.

3. TEMPLADO CÁLIDO, SECO

En esta zona, las temperaturas medias anuales de la estación de crecimiento oscilan normalmente entre 10 y 20 C, siendo la precipitación anual generalmente inferior a 600 mm; incluye los climas continental y mediterráneo. Abarca las principales zonas productoras de cereales y ganado en los Grandes Llanos y el Noroeste de los Estados Unidos, las regiones mediterráneas en Australia, Europa y Sudáfrica, y la faja semi-árida que se extiende a lo largo del sur de Rusia, Asia central y China.

- a) Pastizales para pastoreo: praderas no mejoradas, en que predominan normalmente especies nativas que sirven de sustento para el ganado (vacuno y ovino) con una intensidad comparativamente baja. Casi nunca se emplean fertilizantes ni control de plagas.
- b) Cereales pequeños con período de barbecho en el verano (o con período largo de barbecho): predominan los cereales pequeños (generalmente trigo de elevado valor) con un período de un año de barbecho negro para lograr la reposición del contenido de humedad de los suelos y de los nutrientes. Esa práctica está más extendida en las zonas más secas, es decir, donde la precipitación anual es inferior a 400 mm. La maleza se controlan con la labranza, la aplicación de herbicidas (que va en aumento cuando no se utiliza labranza), y el pastoreo de animales (por ej., ovejas en Australia). El aporte de nutrientes y otros fertilizantes normalmente es bajo en comparación con cultivos más continuos y la erosión y la degradación de los suelos pueden ser elevadas debido al largo período de barbecho negro.
- c) Cereales pequeños/leguminosas con período de barbecho en el verano: Se cultivan leguminosas como garbanzos o guisantes, altramuces y habas, en rotación con cereales. Este sistema requiere un menor aporte de fertilizante que los cereales pequeños debido solamente a la fijación de N por las legumbres. El potencial de pérdida de suelos debido a la erosión aumenta normalmente después de la cosecha de legumbres como los guisantes y los garbanzos porque el volumen de la cubierta de residuos es inferior al de otros cultivos.
- d) Cereales pequeños con cultivo continuo - labranza tradicional: Incluye cereales pequeños en monocultivo (trigo, cebada) aunque se incrementa la utilización de rotaciones más diversificadas (por ej., triticale, mostaza, canola, girasol, maíz, sorgo y millo). Estos sistemas requieren mayor aporte de nutrientes y son más frecuentes en zonas de mayor precipitación (> 400 mm).
- e) Cereales pequeños con cultivo continuo - sin labranza: Cultivos similares a los indicados *supra* para sistemas con labranza tradicional, pero la labranza puede aumentar la eficiencia de la utilización del agua y ampliar el uso de regímenes de cultivo más continuo a las áreas que reciben menos

precipitación. Los niveles más elevados de residuos superficiales contribuyen a controlar la erosión.

- f) Cereales pequeños con heno/pastos mejorados: La rotación típica puede incluir uno o más años consecutivos de pastos anuales sembrados o de heno. Puede incluir también un largo período de barbecho antes de la fase del cultivo de cereales. Sin embargo, esa práctica va desapareciendo y su uso se ve restringido a las regiones con cultivos marginales. Se ha observado que los niveles de carbono orgánico aumentan muy considerablemente al igual que la estabilidad total en pastizales con buenas prácticas de manejo. Se han empleado rotaciones con dos años de cereales y 2-4 años de pastos pero por lo general no han resultado económicas.
- g) Praderas de sucesión natural: tierras previamente cultivadas que se han convertido nuevamente en praderas, pero que todavía no han alcanzado las características de los pastizales naturales. Por lo general está establecida una sola especie, o una mezcla, de gramíneas debido al abandono de las tierras o fruto de la ejecución de un programa gubernamental, generalmente destinado a lograr la estabilización de las tierras sujetas a degradación o la reducción de las superficies cultivadas cuando ha habido excedentes de producción.
- h) Sistemas de cultivos de regadío: pueden incluir gran diversidad de cultivos afines, incluidos los principales cultivos extensivos (maíz, trigo, arroz y algodón), así como productos hortenses de elevado valor. Los sistemas de cultivo normalmente incluyen un elevado aporte de nutrientes y de otros fertilizantes para maximizar el rendimiento y la calidad de la cosecha.

4. TEMPLADO CÁLIDO, HÚMEDO

En esta zona, las temperaturas medias anuales durante la estación de crecimiento oscilan normalmente entre 10 y 20 C y la precipitación anual es cercana o superior a la evapotranspiración potencial. Los suelos de esta región incluyen suelos recientes resultado de la actividad de los glaciares que se allanan gradualmente en suelos mucho más erosionados en regiones más cálidas (latitudes inferiores). Esta zona está dominada por sistemas agrícolas con prácticas de manejo intensivo, sumamente productivos. **Incluye las latitudes centrales de Europa occidental y oriental, el sureste de Rusia, partes de China, Corea, Japón, las regiones central y occidental de los Estados Unidos, y partes de Australia, Nueva Zelandia y América del Sur.**

- a) Bosque: el ecosistema natural dominante es el bosque templado de especies caducifolias, así como algunas zonas de praderas húmedas y bosques templados de coníferas sobre todo en puntos donde los incendios son frecuentes. En esta zona, las praderas naturales han sido convertidas casi exclusivamente a agricultura permanente, al igual que grandes zonas de tierras en el pasado boscosas. Asimismo, superficies considerables de zonas en el pasado cultivadas han sido abandonadas y se han convertido nuevamente en bosques, sobre todo en los Estados Unidos.
- b) Pastizales/heno: pastizales permanentes destinados al pastoreo y/o cultivados para obtener heno. Pueden ocupar grandes extensiones en zonas de producción lechera y de cría de ganado, ocurriendo también en



zonas donde existen limitaciones para su utilización como tierras de cultivo, incluidos los terrenos montañosos y las zonas con drenaje inadecuado.

- c) Producción intensiva de cereales: dominada por la producción de alimentos y granos forrajeros para el comercio, incluido maíz, soya, trigo, avena, así como papas y tubérculos. Por lo general, esos sistemas reciben aportes elevados de fertilizantes y otros productos agroquímicos y están caracterizados por un elevado grado de mecanización. Para los fines del inventario, se recomienda la subclasificación en sistemas atendiendo al aporte de materia orgánica (y al aprovechamiento de los residuos) y a las prácticas de labranza.
- Diferentes niveles de aporte de carbono - los sistemas con elevado aporte de residuos incluyen una o más de las siguientes prácticas: aplicación de cantidades considerables de estiércol o de aguas residuales, rotación de cultivos que incluye varios años de cosechas de heno perenne, dos cosechas por año, y el empleo de siembras de protección invernales que permanecen en los campos. Los sistemas de aporte nominal incluyen los sistemas de producción de cereales con cantidades normales de fertilizantes y residuos remanentes. Los sistemas con aporte reducido de residuos incluyen la producción de cereales en que los residuos se retiran de los campos.
 - Prácticas de labranza - podrían incluirse diferentes categorías dependiendo de si se utiliza o no labranza, o si ésta es reducida o intensiva. La labranza reducida incluye prácticas en que la labranza es mínima e infrecuente y la perturbación de los suelos llega a poca profundidad. La labranza intensiva es aquella en que ocurre considerable inversión y mezclado del suelo del horizonte A (por ej., con arado con vertedera) así como labranza secundaria.
- d) Producción de cosechas especializadas: incluye sistemas que están dominados por cosechas no cerealeras con prácticas de manejo intensivo, como el tabaco, el algodón, los cacahuets y las hortalizas comerciales, en que la mayoría de la biomasa producida se retira de los campos o en que, por otras razones, la tasa de residuos remanentes es baja.
- e) Tierras que han regresado al estado natural: se incluyen en esta categoría las tierras dedicadas en el pasado a la agricultura que ya no son utilizadas para la producción y han sido convertidas, o que se ha permitido que regresen nuevamente, a pastos perennes o vegetación forestal. Se recomienda emplear subdivisiones atendiendo a las "clases de edad" o las etapas de sucesión normal para especificar el contenido de carbono de los suelos.

5. TROPICAL, SECO

Caracterizado por una TMA superior a los 20 C y precipitación anual generalmente inferior a 1000 mm con una estación seca prolongada y pronunciada que da por resultado una estación de crecimiento de duración limitada. Los suelos son muy variables, por ej., Vertisoles muy activos (India) Alfisoles Lateríticos (África) y Alfisoles y Oxisoles muy ácidos (América del Sur). La productividad media para la mayoría de las cosechas es baja, debido no solamente a la escasez de agua sino también a la deficiencia de nutrientes, que no es corregida con el

empleo de fertilizantes porque la inversión en fertilizantes en una zona propensa a la sequía supone muchos riesgos.

- a) Sabana: la vegetación natural preponderante en esta zona. La cubierta de plantas leñosas es muy variable, siendo en algunos casos inexistente y en otros prácticamente completa, aunque el promedio es inferior al 30%. El aumento de la cubierta leñosa obedece en muchos casos a la presión sostenida del pastoreo y a la inexistencia de incendios; el agotamiento de la cubierta leñosa obedece a la demanda insostenible de leña. La densidad de carbono del sistema se ve muy afectada por la cantidad de cubierta forestal, tanto de la biomasa arbórea como la de la elevada materia orgánica en suelos los debajo del dosel. El uso principal es el pastoreo. En regiones en que predomina el pasto, hay pastoreo extensivo del ganado en praderas no sujetas a prácticas de manejo (como es el caso de los Llanos en Venezuela y Colombia). La productividad es baja (densidades de carga de 10-20 ha/animal) y se ve amenazada por el pastoreo excesivo y la desertificación. En regiones donde abundan la hierba y los arbustos, hay pastoreo extensivo y rebaños migratorios no sujetos a prácticas de manejo y, en muchos casos, existe un número demasiado elevado de cabezas de ganado vacuno, caprino y ovino (por ej., el Sahel).
- b) Agricultura de subsistencia con cosechas muy resistentes a la sequía: el millo y el sorgo son los principales cultivos para los agricultores de subsistencia, que pueden sembrar también maíz en los años en que llueve más. Incluye latifundios en que la quema de broza y de residuos y la producción laborable depende de aparceros. Son típicos los cultivos combinados, con intercalación de 5 a 10 cosechas. Después de 3-8 años de cosecha, se procede a la rotación de las zonas mediante barbecho en maleza, en que frecuentemente ocurre roce o pastoreo. Es común en todas las zonas secas de Sudamérica y del Sur de África. Una variante africana de los latifundios son las tierras de propiedad comunal, concediéndose a las familias los derechos de explotar las tierras labrantías. Ese sistema ha demostrado su gran estabilidad (>600 años en el África Occidental) pero se resquebraja debido a la presión demográfica. Incluye también pequeñas granjas explotadas por los propietarios, que dependen del trabajo de los miembros de la familia. Cuando el rendimiento es bajo, la rotación de las áreas cultivadas requiere la tenencia de tierras extensas que permitan barbecho en maleza; de lo contrario, la tierra podría ser abandonada y dedicarse a cultivos migratorios.
- c) Cultivos de regadío: cuando existen ríos o aguas subterráneas, es posible producir gran número de cultivos comerciales como maíz, caña de azúcar, frutas cítricas y tropicales, verduras, tabaco y algodón.

6 y 7. TROPICAL, HÚMEDO CON ESTACIONES SECAS LARGA Y CORTA

TMA superior a 20 C y precipitación anual entre 1000 y 2000 mm. Puede subdividirse en zonas con una estación seca prolongada (> 5 meses) y zonas de estación seca corta (< 5 meses). La producción varía dependiendo de la cantidad de precipitación y la duración de la estación seca observándose una creciente importancia de la agricultura mecanizada con elevado aporte de fertilizantes en las zonas más húmedas en los suelos apropiados. La producción de cosechas es estacional, pero en muchos casos es posible producir dos cosechas anuales en las zonas más húmedas. Los



suelos en las regiones más secas pueden ser más fértiles, y tener un pH superior, debido a un menor grado de erosión. **Esas zonas incluyen grandes áreas de África, la mayor parte del subcontinente indio y la parte continental del Sudeste asiático, y pequeñas áreas en Latinoamérica y Australia.**

- a) Bosques: para definir la vegetación se define a menudo como caducifolia tropical, o bosques tropicales secos; la proporción de especies caducifolias de la cubierta de copas aumenta a medida que se alarga la duración de la estación seca; los incendios son comunes en los hábitats más secos; ocurren mezclas de especies caducifolias y de coníferas en las zonas más húmedas.
- b) Pastoreo no mejorado: pastoreo extensivo de animales de cría, a menudo en combinación con la producción de cosechas en zonas adyacentes en agricultura de subsistencia, utilizándose estiércol del pastoreo del ganado.
- c) Pastoreo mejorado: en las zonas con mayores precipitaciones, los pastizales pueden ser mejorados mediante la selección de especies, el control de la maleza y el empleo de fertilizantes, lo que se traduce en mayor productividad.
- d) Sistemas de cultivos migratorios y de rotación de barbecho: la quema es más completa que en las regiones más húmedas debido a la mayor duración de la estación seca, que se traduce en mayor combustión de biomasa y existencias inferiores de carbono; la fase de cosecha (de 2 a 3 años) puede ser más larga que la de barbecho (10 años) en comparación con las regiones más húmedas pero la reacumulación durante el barbecho ocurre más lentamente, sobre todo en los suelos infecundos. Gran parte de las tierras en África han sido dedicadas a cultivos más continuos; por otra parte, grandes extensiones en el Sudeste asiático y la India continúan estando clasificadas como cultivos migratorios. En algunos casos, las tierras se han degradado debido a intervalos de barbecho cada vez más cortos, creándose sabanas en lugar de la sucesión natural que lleva a bosques de especies caducifolias.
- e) Cultivos continuos mixtos (manuales): éste es el uso más frecuente de las tierras en esta zona de África donde en los últimos 50 años se ha impuesto en las grandes superficies de tierras que en el pasado estaban dedicadas a la agricultura migratoria. En estos sistemas de explotación agrícola, que ocupan algunas de las zonas agrícolas con mayor densidad demográfica en los trópicos, se producen mezclas de cultivos extensivos anuales (maíz, frijoles) y plantas perennes (bananas, café y caña de azúcar). Los residuos de las cosechas se consideran un componente importante de la producción como alimento para animales confinados pero en muchos casos existen métodos muy avanzados de aprovechamiento del estiércol y de producción de abono a partir de desechos. No obstante, en los sistemas de cultivos de altura las existencias de carbono en los suelos han disminuido a menos del 50% de sus niveles originales.
- f) Cultivos continuos mecanizados (aprovechamiento de residuos): estos cultivos cobraron gran importancia en Asia con la Revolución Verde. Las principales cosechas son el arroz y el trigo, y la proporción de los residuos remanentes varía considerablemente ya que es frecuente que se quemen o se retiren para emplearlos en la alimentación pecuaria; sin embargo, se observa la tendencia a la incorporación de los residuos, prohibiéndose su quema. En algunas partes de América Latina los

bosques nativos de especies caducifolias han sido convertidos al cultivo continuo mecanizado de soya, arroz y maíz.

- g) Plantaciones: las plantaciones de los trópicos están comprendidas generalmente en esta zona y la zona subhúmeda con una estación seca más corta, destacándose principalmente las plantaciones de teca. Las plantaciones de café, te y piña son también importantes. Una tendencia que ha reducido las existencias de carbono en las plantaciones de café es la reducción de la superficie de café cultivado a la sombra de los árboles, yendo en aumento el cultivado al sol.
- h) Cultivos de regadío: pueden incluir cultivos similares a los descritos en la zona semiárida así como arroz de tierras anegadizas. En las zonas con una estación seca larga se puede obtener solamente una cosecha anual de arroz de tierras anegadizas. Éste es probablemente el sistema de cultivo predominante en la India y en el Sudeste asiático pero es poco frecuente en África o América Latina.

8. TROPICAL, MUY HÚMEDO

Caracterizado por una TMA superior a 20 C y una precipitación anual > 2000 mm, sin una estación seca importante. La producción de cosechas por lo general se ve limitada por la reducida fertilidad y la acidez de los suelos en zonas de elevada lixiviación y/o por la rápida invasión de malas hierbas como la Imperata. Las excepciones son las tierras fértiles de origen volcánico reciente y los arrozales, que en muchos casos se benefician de los sedimentos procedentes de la erosión de las tierras altas. Los sistemas de producción basados en especies perennes constituyen el uso más sostenible de las tierras. **Cubre zonas muy extensas de América del Sur (la cuenca del Amazonas), África ecuatorial y el Sudeste asiático.**

- a) Bosques: ésta es la vegetación natural preponderante en esta zona, en que se da el mayor grado de diversidad biológica en todo el mundo. Puede ocurrir degradación de los bosques y daños a los suelos producto de la tala, sobre todo a lo largo de las vías de arrastre y los caminos; la vegetación natural no dominante aparece frecuentemente en mosaicos con “cultivo migratorio” y se trata en la sección correspondiente a esa categoría.
- b) Sistemas de agrosilvicultura y mezcla de otras plantas perennes (múltiples estratos): vegetación artificial variada similar a la de los bosques con una mezcla de árboles útiles y elementos de la vegetación natural; las funciones ecológicas, tales como el almacenamiento de C en los suelos, son similares a las de los bosques secundarios naturales de edad comparable; esta categoría de uso de las tierras por lo general no se incluye (todavía) en las estadísticas existentes.
- c) Producción intensiva de cultivos alimenticios de tierras altas, permaneciendo en los campos todos los residuos de las cosechas: con la producción intensiva de cultivos alimenticios, mecanizada o con trabajadores manuales, cuando se aprovechan todos los residuos de las cosechas y el aporte de nutrientes es suficiente, es posible mantener niveles adecuados de materia orgánica en los suelos y alcanzar las metas de una producción sostenida. Este grupo incluye la producción intensiva de hortalizas en las mayores elevaciones, a menos que predomine la erosión de los suelos.



- d) Plantaciones de cultivos perennes en monocultivo: rodales monoespecíficas de cultivos perennes (por ej., árboles para usos industriales, caucho, palmeras oleaginosas, cocoteros, caña de azúcar y piñas); por lo general se dan niveles intermedios de materia orgánica en los suelos, dependiendo del aprovechamiento de los residuos. En el caso de la caña de azúcar se observan diferencias considerables en el contenido de carbono orgánico en los suelos, ya que en una parte de la zona todos los residuos continúan quemándose al término de la cosecha, mientras que en otras se incorporan en el suelo.
- e) Sistemas de cultivo migratorio y de rotación de barbecho: un grupo muy amplio de sistemas de manejo de las tierras, basados en unos cuantos años de producción de cosechas en que disminuye paulatinamente el contenido de carbono orgánico en los suelos seguidos de un período de barbecho de “recuperación” que puede durar algunos años (sistemas de rotación corta de barbecho en maleza) o extenderse durante un mayor número de años (período largo de rotación de barbechos y cultivo migratorio tradicional, basado en la sucesión natural de bosques secundarios). Los cálculos de las existencias de C deberán estar basados en el promedio ponderado de los campos cultivados actualmente y de la vegetación de barbecho. En el Sudeste asiático, el sistema puede constituir una de las primeras etapas del desarrollo “agroforestal”, pero puede también llevar a la degradación de las praderas.
- f) Pastos mejorados: con el empleo de gramíneas exóticas, un componente adecuado de leguminosas, el mantenimiento de la fertilidad adecuada de los suelos y una densidad de pastoreo controlada cuidadosamente, es posible mantener el contenido de carbono orgánico en los suelos a un nivel muy similar al de los bosques que fueron reemplazados.
- g) Pastizales degradados y praderas quemadas frecuentemente: la reducida cantidad de fertilizantes orgánicos debida a la quema o a los daños físicos sufridos por la vegetación en pie se traduce en la disminución del carbono orgánico en los suelos.

Tierras anegadizas para el cultivo del arroz, en diversos tipos de suelos: se observan variaciones con respecto del número anual de cosechas de arroz, la presencia o ausencia de un período seco (tanto si hay o no cultivos alimenticios de secano) durante el cual el carbono orgánico en los suelos se descompone rápidamente, y en que la combustión, remoción o incorporación de los residuos de las cosechas afectará los niveles de carbono.



MÓDULO			CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO			CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y OTROS EN TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA				
HOJA DE TRABAJO			5-1				
HOJA			1 DE 3				
PASO I							
			A	B	C	D	E
			Superficie de las existencias de bosques/ biomasa (kha)	Tasa de crecimiento anual (t ms/ha)	Incremento anual de la biomasa (kt ms)	Fracción de carbono de la materia seca	Incremento total de la absorción de carbono (kt C)
					$C=(A \times B)$		$E=(C \times D)$
Tropicales	Plantaciones	<i>Acacia spp.</i>					
		<i>Eucalyptus spp.</i>					
		<i>Tectona grandis</i>					
		<i>Pinus spp</i>					
		<i>Pinus caribaea</i>					
		Especies de maderas duras de crecimiento lento					
		Especies de maderas de rápido crecimiento					
		Especies de maderas blandas					
	Otros bosques	Húmedos					
		Estacionales					
		Secos					
Otras (especificar)							
Templados	Plantaciones	Abeto Douglas (<i>Pseudotsuga douglassii</i>)					
		Pino de incienso (<i>Pinus rigida</i>)					
	Comerciales	Siempreverdes					
		Deciduos					
	Otros						
Boreales							
Árboles en zonas no boscosas (especificar tipo)			A Número de árboles (miles de árboles)	B Tasa de crecimiento anual (kt ms/1000 árboles)			
Total							

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA							
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA							
HOJA DE TRABAJO	5-1							
HOJA	2 DE 3							
PASO 2								
Categorías de cosecha (especificar)	F Cosecha comercial (si procede) (1000 m ³ de rollizo)	G Relación de conversión/expansión de la biomasa (si procede) (t ms/m ³)	H Total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial (kt ms)	I Consumo total de leña (kt ms)	J Total de los otros usos de la madera (kt ms)	K Consumo total de biomasa (kt ms)	L Madera extraída por la tala de los bosques (kt ms)	M Consumo total de biomasa de las existencias (kt ms)
			H = (F x G)	Estadísticas de la FAO		K = (H + I + J)	(De la columna M, Hoja de trabajo 5-2, hoja 3)	M = K - L
Totales								



MÓDULO	USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA		
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA		
HOJA DE TRABAJO	5-1		
HOJA	3 DE 3		
PASO 3		PASO 4	
N Fracción de carbono	O Liberación anual de carbono (kt C)	P Absorción (+) o liberación (-) neta anual de carbono (kt C)	Q Convertir a liberación (-) o absorción (+) anual de CO ₂ (Gg CO ₂)
	$O = (M \times N)$	$P = (E - O)$	$Q = (P \times [44/12])$

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO		CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS - CO ₂ PROCEDENTE DE LA BIOMASA				
HOJA DE TRABAJO		5-2				
HOJA		1 DE 5 BIOMASA TALADA				
		PASO I				
Tipos de tierras		A	B	C	D	E
		Superficie convertida anualmente (kha)	Biomasa antes de la conversión (t ms/ha)	Biomasa después de la conversión (t ms/ha)	Cambio neto en la densidad de la biomasa (t ms/ha)	Pérdida anual de biomasa (kt ms)
					D = (B - C)	E = (A x D)
Tropicales	Muy húmedos					
	Húmedos, estación seca corta					
	Húmedos, estación seca larga					
	Secos					
	Húmedos Montanos					
	Secos Montanos					
Sabanas/praderas tropicales						
Templados	Coníferas					
	Latifoliadas					
Praderas						
Boreales	Mezcla de latifoliadas y coníferas					
	Coníferas					
	Bosque-tundra					
Praderas/Tundra						
Otras						
Subtotales						



MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO		CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS - CO ₂ PROCEDENTE DE LA BIOMASA					
HOJA DE TRABAJO		5-2					
HOJA		2 DE 5 EMISIONES DE CARBONO PROCEDENTES DE LA QUEMA IN SITU					
		PASO 2					
Tipos de tierras		F	G	H	I	J	K
		Fracción de la biomasa quemada in situ	Cantidad de biomasa quemada in situ (kt ms) G = (E x F)	Fracción de biomasa oxidada in situ	Cantidad de biomasa oxidada in situ (kt ms) I = (G x H)	Fracción de carbono de la biomasa aérea (quemada in situ)	Cantidad de carbono liberado (de la biomasa quemada) (kt C) K = (I x J)
Tropicales	Muy húmedos						
	Húmedos, estación seca corta						
	Húmedos, estación seca larga						
	Secos						
	Húmedos montanos						
	Secos montanos						
Sabanas/praderas tropicales							
Templados	Coníferas						
	Latifoliadas						
Praderas							
Boreales	Mezcla de latifoliadas y coníferas						
	Coníferas						
	Bosque-tundra						
Praderas/tundra							
Otras							
						Subtotal	

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA						
SUBMÓDULO		CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS - CO ₂ PROCEDENTE DE LA BIOMASA						
HOJA DE TRABAJO		5-2						
HOJA		3 DE 5 EMISIONES DE CARBONO PROCEDENTES DE LA QUEMA FUERA DEL BOSQUE						
		PASO 3					PASO 4	
Tipos de tierras	L	M	N	O	P	Q	R	
	Fracción de biomasa quemada fuera del bosque	Cantidad de biomasa quemada fuera del bosque (kt ms)	Fracción de biomasa oxidada fuera del bosque	Cantidad de biomasa oxidada fuera del bosque (kt ms)	Fracción de carbono (de la biomasa aérea quemada fuera del bosque)	Cantidad de carbono liberado (de la biomasa quemada fuera del bosque) (kt C)	Carbono total liberado (de la quema in situ y fuera del bosque) (kt C)	
		M = (E x L)		O = (M x N)		Q = (O x P)		R = (K + Q)
Tropicales	Muy húmedos							
	Húmedos, estación seca corta							
	Húmedos, estación seca larga							
	Secos							
	Húmedos montanos							
	Secos montanos							
Sabanas/praderas tropicales								
Templados	Coníferas							
	Latifoliadas							
Praderas								
Boreal	Mezcla de latifoliadas y coníferas							
	Coníferas							
	Bosque -tundra							
Praderas/tundra								
Otras								
Subtotales								



MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA								
SUBMÓDULO		CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS - CO ₂ PROCEDENTE DE LA BIOMASA								
HOJA DE TRABAJO		5-2								
HOJA		4 DE 5 CARBONO LIBERADO POR LA DESCOMPOSICIÓN DE LA BIOMASA								
PASO 5										
Tipos de tierras		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		Superficie media convertida (promedio de 10 años) (kha)	Biomasa antes de la conversión (t ms/ha)	Biomasa después de la conversión (t ms/ha)	Cambio neto en la densidad de la biomasa (t ms/ha)	Pérdida media anual de biomasa (kt ms)	Fracción abandonada que se descompone	Cantidad de biomasa abandonada que se descompone (kt ms)	Fracción de carbono en la biomasa aérea	Carbono liberado de la biomasa aérea (kt C)
					$D = (B - C)$	$E = (A \times D)$		$G = (E \times F)$		$I = (G \times H)$
Tropicales	Muy húmedos									
	Húmedos, estación seca corta									
	Húmedos, estación seca larga									
	Secos									
	Húmedos Montanos									
	Secos montanos									
Sabanas/praderas tropicales										
Templados	Coníferas									
	Latifoliadas									
Praderas										
Boreales	Mezcla de latifoliadas y coníferas									
	Coníferas									
	Bosques -tundra									
Praderas/tundra										
Otras										
									Subtotal	

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA		
SUBMÓDULO	CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS - CO ₂ PROCEDENTE DE LA BIOMASA		
HOJA DE TRABAJO	5-2		
HOJA	5 DE 5 RESUMEN Y CONVERSIÓN A CO ₂		
PASO 6			
A Liberación inmediata procedente de la combustión (kt C)	B Emisiones diferidas procedentes de la descomposición (kt C) (promedio de 10 años)	C Total anual del carbono liberado (kt C)	D Total Anual del CO ₂ liberado (Gg CO ₂)
		C = A + B	D = C x (44/12)



MÓDULO			CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO			QUEMA IN SITU DE BOSQUES - GASES DISTINTOS DEL CO ₂ PROCEDENTES DE LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA				
HOJA DE TRABAJO			5-3				
HOJA			I DE I EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO ₂				
PASO I			PASO 2				
A Cantidad de carbono liberado (kt C)	B Relación nitrógeno-carbono	C Total del nitrógeno liberado (kt N)		D Relaciones de emisión de los gases distintos del CO ₂	E Emisiones de gases distintos del CO ₂ (kt C)	F Relación de conversión	G Emisiones de la quema de bosques talados (Gg CH ₄ , CO)
(De la columna K, hoja 2 de la Hoja de trabajo 5-2)		C = (A x B)			E = (A x D)		G = (E x F)
			CH ₄			16/12	
			CO			28/12	
					kt N		Gg N ₂ O, NO _x
					E = (C x D)		G = (E x F)
			N ₂ O			44/28	
			NO _x			46/14	

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO		ABANDONO DE LAS TIERRAS CULTIVADAS				
HOJA DE TRABAJO		5-4				
HOJA		I DE 3 ABSORCIÓN DE CARBONO POR LA REGENERACIÓN - PRIMEROS 20 AÑOS				
		PASO I				
Tipos de tierras		A	B	C	D	E
		Superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos 20 años (kha)	Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea (t ms/ha)	Crecimiento anual de la biomasa aérea (kt ms)	Fracción de carbono de la biomasa aérea	Absorción anual de carbono en la biomasa aérea (kt C)
				$C = (A \times B)$		$E = (C \times D)$
Tropicales	Muy húmedos					
	Húmedos, estación seca corta					
	Húmedos, estación seca larga					
	Secos					
	Húmedo montano					
	Seco montano					
Sabanas/praderas tropicales						
Templadas	Coníferas					
	Latifoliadas					
Praderas						
Boreales	Mezcla de latifoliadas y coníferas					
	Coníferas					
	Bosque - tundra					
Praderas/tundra						
Otras						
					Subtotal	



MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO		ABANDONO DE LAS TIERRAS CULTIVADAS				
HOJA DE TRABAJO		5-4				
HOJA		2 DE 3 ABSORCIÓN DE CARBONO POR LA REGENERACIÓN - > 20 AÑOS				
		PASO 2				
Tipos de tierras		G	H	I	J	K
		Superficie total abandonada durante más de veinte años (kha)	Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea (t ms/ha)	Crecimiento anual de la biomasa aérea (kt ms)	Fracción de carbono de la biomasa aérea	Absorción anual de carbono de la biomasa aérea (kt C)
				$I = (J \times H)$		$K = (I \times J)$
Tropicales	Muy húmedos					
	Húmedos, estación seca corta					
	Húmedos, estación seca larga					
	Secos					
	Húmedo montano					
	Seco montano					
Sabanas/praderas tropicales						
Templados	Coníferas					
	Latifoliadas					
Praderas						
Boreales	Mezcla de latifoliadas y coníferas					
	Coníferas					
	Bosque - tundra					
Praderas/Tundra						
Otras						
					Subtotal	

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA
SUBMÓDULO	ABANDONO DE LAS TIERRAS CULTIVADAS
HOJA DE TRABAJO	5-4
HOJA	3 DE 3 REMOCIÓN TOTAL DE CO ₂ DE LAS TIERRAS ABANDONADAS
PASO 3	
L Absorción total de carbono de las tierras abandonadas (kt C)	M Absorción total de dióxido de carbono (Gg CO ₂)
$L = (E + K)$	$M = (L \times (44/12))$



MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO		CAMBIO EN EL CONTENIDO DE CARBONO DE LOS SUELOS MINERALES					
HOJA DE TRABAJO		5-5					
HOJA		I DE 4					
PASOS 1 Y 2					PASO 3		
A	B	C	D	E	F	G	H
Sistemas de manejo de la tierra	Tipo de suelo	Carbono en los suelos (t) (Mg C/ha)	Superficie de las tierras (t-20) (Mha)	Superficie de las tierras (t) (Mha)	Carbono en los suelos (t-20) (Tg)	Carbono en los suelos (t) (Tg)	Cambio neto en el carbono en los suelos minerales (Tg durante 20 años)
					$F = (C \times D)$	$G = (C \times E)$	$H = (G - F)$
	Suelos muy activos						
	Suelos poco activos						
	Arenosos						
	Volcánicos						
	Pantanosos (acuíquicos)						
Totales							

Se debe señalar que la superficie de las tierras en la columnas D y E, sumadas para todos los sistemas de manejo de la tierra empleados en el inventario debe ser idéntica. El total de la superficie de las tierras dentro de cada tipo de suelo, para todos los sistemas de uso de las tierras, debe también permanecer constante durante el período del inventario.

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO		CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO		CARBONO EN LOS SUELOS EN TIERRAS AFECTADAS POR LA AGRICULTURA				
HOJA DE TRABAJO		5-5A (Adicional)				
HOJA		1 DE 1				
A	B	C	D	E	F	G
Sistemas de manejo de la tierra	Tipo de suelo	Contenido de carbono en los suelos con vegetación natural (Mg C/ha)	Factor de base	Factor de labranza	Factores de insumos	Carbono en los suelos en tierras afectadas por la agricultura (Mg C/ha)
						$G = (C \times D \times E \times F)$
	Suelos muy activos					
	Suelos poco activos					
	Arenosos					
	Volcánicos					
	Pantanosos (acuíquicos)					



MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA		
SUBMÓDULO	EMISIONES DE CARBONO DE LOS SUELOS ORGÁNICOS CON MANEJO INTENSIVO		
HOJA DE TRABAJO	5-5		
HOJA	2 DE 4		
PASO 4			
Uso de los suelos orgánicos en la agricultura	A Superficie de las tierras (ha)	B Tasa anual de pérdida (MgC/ha/año) (valor por defecto)	C Pérdida neta de carbono de los suelos orgánicos (Mg/año) C = (A x B)
Templado frío			
Cultivos de altura			
Pastizales/bosques			
Templado cálido			
Cultivos de altura			
Pastizales/bosques			
Tropical			
Cultivos de altura			
Pastizales/bosques			
Total			

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA		
SUBMÓDULO	EMISIONES DE CARBONO PROCEDENTES DEL ABONADO CON CAL DE LAS TIERRAS DEDICADAS A LA AGRICULTURA		
HOJA DE TRABAJO	5-5		
HOJA	3 DE 4		
PASO 5			
Tipo de cal	A Cantidad total anual de cal (Mg)	B Factor de conversión de carbono	C Emisiones de carbono procedentes del abonado con cal (Mg C) C = (A x B)
Carbonato cálcico Ca(CO ₃)		0,120	
Dolomita CaMg(CO ₃) ₂		0,122	
Total			

CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA			
SUBMÓDULO	CÁLCULO DEL TOTAL DE EMISIONES DE CO ₂ -C PROCEDENTES DE LOS SUELOS AFECTADOS POR LA AGRICULTURA			
HOJA DE TRABAJO	5-5			
HOJA	4 DE 4			
PASO 6				
Fuente	A Cifras de la hoja de trabajo	B Factor de conversión de unidades	C Total anual de emisiones (Gg)	D Conversión a total anual de emisiones de CO ₂ (Gg/año)
			$C = (A \times B)$	$D = C \times (44/12)$
Cambio neto total en el carbono de los suelos en suelos minerales		-50		
Pérdida neta total de carbono de los suelos orgánicos		0,001		
Emisiones de carbono procedentes del abonado con cal		0,001		
Total				