



**TABLA 4-9 (CONT.)**  
**DATOS DE ACTIVIDAD POR DEFECTO - ARROZ COSECHADO**

País o Región	Superficie en 1990 (miles de ha)	De regadío <sup>a</sup> (%)	De tierras altas (%)	De secano <sup>b</sup> (%)
<b>Asia</b>				
Brunei	1	79	21	0
Hong Kong	0	100	0	0
Siria	0	100	0	0
Turquía	52	100	0	0
India	42321	53 (16 + 37)	15	32 (16 + 16)
Pakistán	2113	100	0	0
Bangladesh	10435	22	8	70 (23 + 47)
Myanmar	4760	18	6	76 (24 + 52)
Nepal	1445	23	3	74 (8 + 66)
Afganistán	173	100	0	0
Bhután	25	50	4	46 (42 + 4)
China <sup>3</sup>	33265	93	2	5 (0 + 5)
Indonesia	10502	72 (22 + 50)	11	17 (10 + 7)
Irán	570	100	0	0
Iraq	78	100	0	0
Japón	2074	99 (2 + 97)	1	0
Malasia	639	66	12	22 (1 + 21)
Filipinas	3319	61	2	37 (2 + 35)
Sri Lanka	828	37	7	56 (3 + 53)
Taiwan	700	97	3	0
Tailandia	9650	7	1	92 (7 + 85)
Kampuchea	1800	8	2	90 (42 + 48)
Laos	638	2	37	61 (0 + 61)
Vietnam	6028	53	8	39 (11 + 28)
República Democrática de Corea	670	67	13	20
República de Corea	1242	100 (9 + 91)	0	0

<b>TABLA 4-9 (CONT.)</b>				
<b>DATOS DE ACTIVIDAD POR DEFECTO - ARROZ COSECHADO</b>				
País o Región	Superficie en 1990 (miles de ha)	De regadío <sup>a</sup> (%)	De tierras altas (%)	De secano <sup>b</sup> (%)
<b>Europa</b>				
Albania	2	100	0	0
Bulgaria	11	100	0	0
Francia	20	100	0	0
Grecia	15	100	0	0
Hungría	11	100	0	0
Italia	208	100	0	0
Portugal	33	100	0	0
Rumania	37	100	0	0
España	81	100	0	0
Antigua URSS	624	100	0	0
Antigua Yugoslavia	8	100	0	0
<b>PACÍFICO</b>				
Australia	102	100	0	0
Fiji	13	50	50	0
<b>África</b>				
Argelia	1	100	0	0
Angola	18	100	0	0
Benin	7	10	90	0
Burkina Faso	19	89	11	0
Burundi	12	25	75	0
Camerún	15	25	75	0
Rep. C. Africana	10	25	75	0
Chad	39	25	75	0
Comoras	13	100	0	0
Congo	4	25	75	0
Egipto	436	100	0	0
Gabón	0	25	75	0
Gambia	14	90	10	0



**TABLA 4-9 (CONT.)**  
**DATOS DE ACTIVIDAD POR DEFECTO - ARROZ COSECHADO**

País o Región	Superficie en 1990 (miles de ha)	De regadío <sup>a</sup> (%)	De tierras altas (%)	De secano <sup>b</sup> (%)
Ghana	85	24	76	0
Guinea Bissau	57	25	75	0
Guinea	608	8	47	45
Costa de Marfil	583	6	87	7
Kenia	15	25	75	0
Liberia	168	0	94	6
Madagascar	1160	10	14	76 (2 + 74)
Malawi	29	25	75	0
Mali	222	25	75	0
Mauritania	14	100	0	0
Marruecos	6	100	0	0
Mozambique	109	25	75	0
Níger	29	35	65	0
Nigeria	1567	16	51	33 (33 + 0)
Ruanda	3	25	75	0
Senegal	73	25	75	0
Sierra Leona	339	1	67	32
Somalia	5	50	50	0
Sudáfrica	1	100	0	0
Sudán	1	50	50	0
Swazilandia	0	25	75	0
Tanzania	375	3	22	75 (0 + 75)
Togo	21	4	96	0
Uganda	37	25	75	0
Zaire	393	5	90	5
Zambia	11	25	75	0
Zimbabwe	0	25	75	0

a Las cifras entre paréntesis indican anegados continuamente e intermitentemente, respectivamente.

b Las cifras entre paréntesis indican tierras continuamente anegadizas y expuestas a la sequía, respectivamente.

c Los valores están siendo actualizados.

Notas: Las zonas se tomaron del Anuario de la FAO (Naciones Unidas, 1992), el Anuario Agrícola de China (1990), las Estadísticas Mundiales del Arroz (IRRI, 1990) y el Almanaque del Arroz del IRRI 1993-1995 (IRRI, 1993).

**TABLA 4-10  
FACTORES DE ESCALA PARA LAS EMISIONES DE METANO PARA LOS ECOSISTEMAS ARROCEROS  
CON RELACIÓN A LOS CAMPOS ANEGADOS CONTINUAMENTE  
(SIN FERTILIZANTES ORGÁNICOS)**

Categoría	Subcategoría <sup>a</sup>		Factores de escala (en relación con los factores de emisión para los arrozales anegados continuamente)	
Tierras altas	Ninguna		0	
Tierras bajas	De regadío	Anegados continuamente	1,0	
		Anegados intermitentemente <sup>b</sup>	Aeración sencilla	0,5 (0,2-0,7)
			Aeración múltiple	0,2 (0,1-0,3)
	De secano	Anegadizos		0,8 (0,5-1,0)
		Expuestos a la sequía		0,4 (0-0,5)
	De agua profunda	Profundidad del agua: 50-100 cm		0,8 (0,6-1,0)
Profundidad del agua > 100 cm		0,6 (0,5-0,8)		

<sup>a</sup> podrían definirse tres categorías para los ecosistemas arroceros: pantanos, humedales salinos interiores o marismas mareales en cada subcategoría atendiendo a las mediciones de las emisiones locales.

<sup>b</sup> se define como > 3 días de aeración durante el período vegetativo.

Nota: Por lo que respecta a los ecosistemas arroceros en tierras bajas de regadío y anegados continuamente, el valor por defecto de las emisiones de metano integrado para tomar en cuenta las variaciones estacionales es de 20 g/m<sup>2</sup> (véase la Tabla 4-11) en el caso de suelos sin fertilizantes orgánicos. Para realizar la conversión a emisiones de metano procedentes de suelos con fertilizantes orgánicos, deberá aplicarse un factor de corrección de 2 (rango de valores de 2-5) al ecosistema correspondiente para la categoría 'sin fertilizante orgánico'.



**TABLA 4-11**  
**FACTORES DE EMISIÓN DE METANO INTEGRADOS PARA TOMAR EN CUENTA LAS VARIACIONES ESTACIONALES PARA EL ARROZ ANEGADO CONTINUAMENTE SIN FERTILIZANTES ORGÁNICOS EN VARIOS LUGARES DEL MUNDO**

País	Factor de Emisión Integrado para tomar en cuenta las variaciones estacionales, FE <sup>a</sup> (g/m <sup>2</sup> )	Bibliografía/ Observaciones
Australia	22,5	NGGIC, 1996
China	13 (10-22)	Wassman et al., 1993a
India	10 (5 - 15)	Mitra et al., 1996 Parashar et al., 1996
Indonesia	18 (5 - 44)	Nugroho et al., 1994a,b
Italia	36 (17-54)	Schütz et al., 1989a
Japón	15	Minami, 1995
República de Corea	15	Shin et al., 1995
Filipinas	(25 - 30)	Neue et al., 1994; Wassman et al., 1994
Tailandia	16 (4 - 40)	Towpryaon et al., 1993
EE.UU. (Texas)	25 (15 - 35)	Sass y Fisher, 1995
Media aritmética <sup>b</sup>	20 (12-28)	-

<sup>a</sup> Se reconoce que los factores de emisión presentados en la Tabla 4-11 tendrán que ser actualizados periódicamente a medida que se disponga de información más exacta. Sin embargo, estas cifras representan la mejor información disponible hasta la fecha de la compilación.

<sup>b</sup> La media aritmética del factor de emisiones integrado para tomar en cuenta las variaciones estacionales, FE, se deriva de los valores indicados en la Tabla 4-11. El rango de valores para los factores de emisión es la desviación estándar alrededor de la media.

## 4.4 Quema prescrita de sabanas

### 4.4.1 Introducción

#### SABANAS DEGRADADAS

Aunque el supuesto por defecto es que la biomasa quemada en las sabanas se regenera en poco tiempo, no siempre ocurre así. En algunos casos, las sabanas se queman con demasiada frecuencia o, debido a otras razones, no se recuperan del todo. Con el tiempo, las sabanas pueden sufrir considerable degradación como resultado de la intervención del ser humano. En ese caso, habrá pérdida a largo plazo del carbono en la biomasa aérea y de los suelos. Cuando esto ocurre, deberá tomarse en cuenta, en la medida de lo posible, la pérdida anual de carbono además de la información exigida en este *Libro de Trabajo*.

Las sabanas son formaciones tropicales y subtropicales que tienen una cubierta continua de hierba. El crecimiento de las sabanas está controlado por la alternancia de las estaciones húmeda y seca: la mayor parte del crecimiento se produce durante la estación húmeda. Los incendios naturales y los provocados por el hombre son frecuentes durante la estación seca, dando por resultado un reciclaje de nutrientes y la consiguiente regeneración. Los incendios en gran escala ocurren principalmente en las sabanas húmedas, ya que las sabanas áridas no tienen suficiente hierba para mantener el fuego. Los incendios en las sabanas se producen en promedio cada cuatro años, con la mayor frecuencia en las sabanas húmedas de África.

La quema de sabanas genera emisiones instantáneas de dióxido de carbono. Sin embargo, debido a la subsiguiente regeneración de la vegetación, el dióxido de carbono liberado en la atmósfera se reabsorbe durante el siguiente período de crecimiento de la vegetación. Por consiguiente, en este *Libro de Trabajo* se da por supuesto que las emisiones netas de CO<sub>2</sub> son nulas.

La quema de sabanas también libera otros gases distintos del CO<sub>2</sub>, entre ellos metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno. A diferencia de lo que sucede con las emisiones de CO<sub>2</sub>, éstas son emisiones antropogénicas netas y deberán contabilizarse.

### 4.4.2 Fuentes de los datos

Si bien no existe una publicación periódica en que se recojan las cifras de la cantidad de sabana quemada, se han publicado varios documentos de evaluación. En el documento *FAO Forest Resource Assessment 1990: Tropical Countries* (FAO 1993) se presentan estimaciones nacionales de la superficie de sabanas (praderas) y en el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero* se incluyen referencias adicionales.

### 4.4.3 Metodología

Es posible estimar las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de sabanas mediante sencillos cálculos empleando los datos disponibles localmente o los datos por defecto presentados en las tablas de este *Libro de Trabajo*.

En primer lugar, la cantidad de biomasa que realmente es consumida por el fuego se calcula multiplicando la superficie de sabana quemada por la densidad media de biomasa y por la fracción de la biomasa expuesta quemada realmente.

En segundo lugar, el carbono liberado se calcula multiplicando la cantidad de biomasa quemada por la fracción oxidada y seguidamente por la fracción de carbono.

El segundo cálculo se puede mejorar mucho dividiendo en primer lugar la cantidad de biomasa quemada en dos fracciones: la viva y la muerta. El cálculo prosigue tomando por separado cada una de esas fracciones y

#### COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DISTINTOS DEL METANO

La quema de biomasa es una fuente considerable de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esas emisiones deberán estimarse siguiendo el mismo método empleado para los otros gases distintos del CO<sub>2</sub>. Sin embargo, todavía no se ha preparado la información por defecto que permita incluir esa clase de gases en el *Libro de Trabajo*. Ésa es una cuestión que se estudiará para perfeccionar las *Directrices* en ediciones posteriores.



utilizando diferentes fracciones oxidadas y contenidos de carbono para las fracciones viva y muerta.

En tercer lugar, se aplican varias tasas al total del carbono liberado para estimar las emisiones de los gases distintos del CO<sub>2</sub>, como se indica a continuación:

- se aplica la relación de nitrógeno-carbono para estimar el contenido total de nitrógeno
- las relaciones para el CH<sub>4</sub> y el CO se expresan como fracciones del carbono total
- las relaciones de N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub> se expresan como fracciones del nitrógeno total

Las estimaciones de las emisiones resultantes se convierten a peso total (por ej., convirtiendo el CH<sub>4</sub> expresado como C a total de CH<sub>4</sub>) empleando factores estándar.

En un país puede haber varios tipos de sabanas que tienen características diferentes; la eficacia de la quema puede variar y también ocurrir en diferentes momentos durante la estación seca, por lo que la quema varía con la condición de la vegetación (como, por ejemplo, el contenido de humedad y si la biomasa está viva o muerta).

Si se dispone de datos locales, la quema de la sabana debe dividirse en subcategorías adecuadas que reflejen esas variaciones, las que se anotarán en la hoja de trabajo. Si se utilizan los valores por defecto propuestos en este *Libro de Trabajo* sólo podrán realizarse los cálculos a nivel nacional.

## Cómo llenar la Hoja de trabajo

### PASO I ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA TOTAL QUE REALMENTE SE QUEMA

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-3 QUEMA PRESCRITA DE SABANAS que aparece al final de este módulo para anotar los datos del inventario. Se puede emplear una única categoría media nacional o bien subdivisiones si se cuenta con datos locales para cada subcategoría pertinente de sabana.

- 1 Para cada categoría de sabana, se indicará en la columna A la superficie quemada (en kilohectáreas).

En la medida de lo posible, deberán emplearse los datos disponibles a nivel local para las hectáreas de sabana quemadas anualmente. Si no fuera posible, el procedimiento por defecto supone hacer un somero cálculo aproximado para determinar la superficie total de la sabana, que deberá multiplicarse por los valores por defecto típicos para el porcentaje quemado anualmente en la región, que se presentan en la Tabla 4-12 (a continuación).

#### FRACCIONES

Para determinar la cantidad de biomasa de la sabana que realmente se oxida liberando carbono que escapa a la atmósfera es necesario aplicar varias *fracciones* de forma consecutiva. Para empezar, se calcula la cantidad de biomasa expuesta al fuego multiplicando la superficie de sabana quemada en el año del inventario por la densidad media de biomasa (en toneladas de materia seca por hectárea). A continuación, se aplican las fracciones de la forma siguiente.

##### *Fracción que se quema realmente*

En condiciones normales de combustión al aire libre, no toda la biomasa en cada hectárea se quema realmente. La *Fracción quemada realmente* (que por lo general oscila entre 0,80 y 0,85 pero puede ser superior en regiones muy secas) se aplica para calcular las kilotoneladas de materia seca que se queman realmente.

##### *Fracción oxidada*

Seguidamente se aplica la fracción que expresa la biomasa oxidada. No toda la biomasa que se quema se oxida, ya que una pequeña parte puede permanecer como carbón vegetal. La fracción oxidada oscila entre 0,8 y 1,0.

##### *Fracción de carbono*

La última fracción que se aplica permite determinar la cantidad de carbono liberado de la fracción de biomasa que se ha oxidado.

**TABLA 4-12  
ESTADÍSTICAS DE LAS SABANAS POR REGIÓN**

Región	Fracción de la superficie total de sabanas quemada anualmente	Densidad de la biomasa aérea (t dm/ha)	Fracción de la biomasa quemada realmente	Fracción de la biomasa aérea que estaba viva
América tropical	0,50	6,6 ±1,8		
Asia tropical	0,50	4,9		
África tropical	0,75	6,6 ±1,6		
Zona del Sahel	0,05-0,15	0,5-2,5*	0,95	0,20
Zona del norte de Sudán	0,25-0,50	2-4*	0,85	0,45
Zona del sur de Sudán	0,25-0,50	3-6*	0,85	0,45
Zona de Guinea	0,60-0,80	4-8*	0,90-1,0	0,55
Australia	0,05-0,70	2,1-6		

Los valores regionales por defecto corresponden a las densidades medias estacionales que deben utilizarse para los cálculos de las emisiones. Los valores marcados con un asterisco (\*) son los valores de densidad máxima al final de la estación, que representan valores por defecto apropiados para esas subregiones muy secas.

Nota: Éstas son zonas ecológicas que no corresponden exactamente a las zonas comprendidas dentro de fronteras políticas del mismo nombre. Por ejemplo, las zonas denominadas "norte" y "sur" de Sudán incluyen otros países además del Sudán y se extienden de Este a Oeste en el continente africano.

Para más información sobre las fuentes de esas cifras, puede consultarse el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero*.

**CATEGORÍAS DE SABANAS**

Varios usuarios del borrador de las *Directrices*, sobre todo en África, han propuesto que las sabanas deberían dividirse en sabanas leñosas y praderas, en la medida de lo posible. En el caso de las sabanas leñosas, las densidades de la biomasa aérea antes de la quema serían superiores y la fracción oxidada sería inferior, ya que gran parte de la biomasa leñosa en pie no sufre combustión. Otras categorías por región, momento de la quema, etc., podrían ser también útiles.

- 2 Para cada categoría de sabana, anotar en la columna B la Densidad de Biomasa de la Sabana (en toneladas de materia seca por hectárea). En la Tabla 4-12 se presenta información resumida por regiones que se puede utilizar como valores por defecto.
- 3 Multiplicar la Superficie Quemada por la Densidad de Biomasa de la Sabana para obtener el Total de la Biomasa Expuesta a la Quema (en gigagramos de materia seca, que es lo mismo que si se expresara en kilotoneladas de materia seca). Indicar el resultado en la columna C.
- 4 Anotar la Fracción de Biomasa Quemada Realmente en la columna D.  
Utilizar datos locales si estuvieran disponibles. Se puede utilizar una cifra general por defecto comprendida entre 0,80 y 0,85. En la Tabla 4-12 se incluyen algunos valores específicos para subregiones de África.
- 5 Multiplicar el Total de la Biomasa Expuesta a la Quema (columna C) por la Fracción de Biomasa Realmente Quemada (columna D) para obtener la Cantidad Realmente Quemada. Indicar los resultados en la columna E.

**PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE BIOMASA VIVA Y MUERTA**

- I Anotar en la columna F la Fracción de Biomasa Viva quemada.





En la Tabla 4-12 se presentan algunas cifras por defecto para subregiones concretas de África. En otras regiones, los usuarios deben proporcionar esos valores. Si no se cuenta con información, se puede realizar el cálculo utilizando “valores combinados” (véase el recuadro que aparece en el margen: Categorías de sabanas).

- 2 Multiplicar la Cantidad Realmente Quemada por la Fracción de la Biomasa Viva para obtener la Cantidad de Biomasa Viva Quemada (en gigagramos de materia seca). Indicar el resultado en la columna G.
- 3 Restar la Biomasa Viva Quemada de la Cantidad de Biomasa Realmente Quemada para obtener la Cantidad de Biomasa Muerta Quemada (en gigagramos de materia seca). Indicar el resultado en la columna H.

### PASO 3 ESTIMACIÓN DEL CARBONO TOTAL LIBERADO

- 1 Para cada categoría de sabana, anotar la Fracción Oxidada correspondiente a la biomasa *viva* y a la biomasa *muerta*. Anotar los resultados en las casillas correspondientes de la columna I. Las cifras por defecto se presentan en la Tabla 4-13.

	Fracción oxidada	Fracción de carbono
Fracción viva	0,80	0,45
Fracción muerta	1,0	0,40
Combinación	0,90	0,45

- 2 Para cada categoría de sabana, multiplicar la Biomasa Viva Quemada por la Fracción Oxidada de la biomasa viva. Asimismo, multiplicar la Biomasa Muerta Quemada por la Fracción Oxidada de la biomasa muerta. Anotar los resultados, en gigagramos de materia seca, en las casillas correspondientes de la columna J.
- 3 Para cada categoría de sabana, tanto viva como muerta, anotar la Fracción de Carbono (de materia seca) de la biomasa viva y de la biomasa muerta en la columna K. Las cifras por defecto aparecen en la Tabla 4-13.
- 4 Multiplicar el Total de la Biomasa Quemada por la Fracción de Carbono para cada categoría de sabana, tanto viva como muerta, para obtener el Total de Carbono Liberado. Indicar los resultados en la columna L en gigagramos de carbono.
- 5 Sumar los totales de la columna L e indicar el resultado en la casilla correspondiente al Total, en la parte inferior de la columna. Llevar el resultado a la columna L, al comienzo de la hoja 3 de la siguiente página.

#### VALORES COMBINADOS

A partir de este punto de la hoja de trabajo, cada categoría original se divide en dos partes (viva y muerta) y para cada una de ellas se realizan cálculos por separado. Cada fila de la hoja de trabajo se divide en las filas viva y muerta para las columnas de la I a la J. Si los usuarios no pueden informar sobre las fracciones viva y muerta, pueden realizar el cálculo por defecto utilizando los valores “combinados” de la Tabla 4-13.

**PASO 4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO<sub>2</sub> PROCEDENTES DE LA QUEMA DE SABANAS**

- 1 Indicar en la columna M la Relación de Nitrógeno-Carbono.  
Si localmente no se dispone de datos específicos para el tipo de biomasa, se deberá utilizar el valor por defecto correspondiente a las sabanas, que es de 0,006.
- 2 Multiplicar el Total del Carbono Liberado (columna L) por la Relación de Nitrógeno-Carbono para obtener el Contenido Total de Nitrógeno (en gigagramos de nitrógeno). Anotar el resultado en la casilla correspondiente de la columna N.
- 3 Para cada gas, es decir, metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), anotar la relación de emisión del gas en la columna O.

En la Tabla 4-14 se muestran las relaciones por defecto.

TABLA 4-14 RELACIONES DE EMISIÓN Y RANGOS DE VALORES PARA LOS CÁLCULOS DE LA QUEMA DE SABANAS		
Compuesto	Valor por defecto	Rango de valores
CH <sub>4</sub>	0,004	0,002 - 0,006
CO	0,06	0,04 - 0,08
N <sub>2</sub> O	0,007	0,005 - 0,009
NO <sub>x</sub>	0,121	0,094 - 0,148

Nota: Las relaciones de los compuestos de carbono son la masa del carbono liberado como CH<sub>4</sub> o CO (en unidades de C) con respecto a la masa total del carbono liberado durante la quema (en unidades de C); las correspondientes a los compuestos de nitrógeno se expresan en términos de la relación de la masa de compuestos de nitrógeno liberados con respecto a la masa total de nitrógeno liberado de los combustibles.  
Para más información sobre las fuentes se puede consultar el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero*.

- 4 Multiplicar el Total de Carbono Liberado (columna L) (por lo que respecta al CH<sub>4</sub> y al CO), o el Contenido Total de Nitrógeno (columna N) (en cuanto al N<sub>2</sub>O y a los NO<sub>x</sub>) por las relaciones de emisión de la columna O para obtener el total de las emisiones correspondientes a cada gas. Anotar los resultados en la columna P.



## PASO 5 CONVERSIÓN DE LAS EMISIONES DE CARBONO Y NITRÓGENO EN EMISIONES DE METANO, MONÓXIDO DE CARBONO, ÓXIDO NITROSO Y ÓXIDOS DE NITRÓGENO

I Multiplicar las emisiones de cada gas expresado como C o N por la Relación de Conversión<sup>2</sup> correspondiente de la columna Q a fin de obtener las Emisiones procedentes de la Quema de Sabanas para cada gas emitido. Indicar los resultados en la columna R.

### 4.5 Quema en el campo de residuos agrícolas

#### 4.5.1 Introducción

Los sistemas agrícolas de todo el mundo producen grandes cantidades de desperdicios agrícolas. La quema de los residuos en los campos es una práctica agrícola común, sobre todo en los países en desarrollo. Se estima que el porcentaje de los residuos de las cosechas quemados en los campos podría alcanzar el 40% en los países en desarrollo, siendo inferior en los países desarrollados. Es importante observar que algunos residuos de los cultivos se retiran de los campos y se queman como fuente de energía, sobre todo en los países en desarrollo. Las emisiones de ese tipo de combustión se han calculado en el módulo correspondiente a la Energía en este *Libro de Trabajo*. Los usuarios deben velar por que la quema de residuos se asigne correctamente en esas dos categorías y que no se contabilice dos veces.

En este submódulo se abordan exclusivamente las emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno procedentes de los residuos de las cosechas. En este *Libro de Trabajo*, la quema en los campos de los residuos de las cosechas no se considera fuente neta de dióxido de carbono, ya que se supone que el carbono liberado en la atmósfera se reabsorbe en la siguiente temporada de crecimiento. Sin embargo, la quema de residuos de las cosechas es una importante fuente neta de emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno.

#### 4.5.2 Fuentes de los datos

En los Anuarios de Producción de la FAO (por ej., FAO, 1991) se recogen las estadísticas anuales de producción de cultivos (por países) para la mayoría de los cultivos cuyos residuos se queman. Los distintos países deberán suministrar información específica acerca de los cultivos de cada país, indicando las relaciones de los residuos respecto a la producción de cultivos,

<sup>2</sup> Las relaciones de los pesos moleculares indicadas para los gases emitidos son por respecto al peso del nitrógeno o el carbono en la molécula. La relación para el N<sub>2</sub>O es de 44/28 y la de los NO<sub>x</sub> es de 46/14. El NO<sub>2</sub> se ha empleado como molécula de referencia para los NO<sub>x</sub>.

la fracción quemada de los residuos, el contenido de materia seca de los residuos y el contenido de carbono y nitrógeno de los residuos, si disponen de ellos. En la Tabla 4-15 *Estadísticas seleccionadas de los residuos de los cultivos* se presentan los datos por defecto para los residuos de los cultivos.

TABLA 4-15 ESTADÍSTICAS SELECCIONADAS DE LOS RESIDUOS DE LOS CULTIVOS				
Producto	Relación residuo/cultivo	Fracción de materia seca	Fracción de carbono	Relación nitrógeno-carbono
Trigo	1,3	0,78-0,88	0,4853	0,012
Cebada	1,2	0,78-0,88	0,4567	
Maíz	1	0,30-0,50	0,4709	0,02
Avena	1,3			
Centeno	1,6			
Arroz	1,4	0,78-0,88	0,4144	0,014
Mijo	1,4			0,016
Sorgo	1,4			0,02
Guisantes	1,5			
Frijoles	2,1			
Soja	2,1			0,05
Papas	0,4	0,30-0,60	0,4226	
Remolacha	0,3	0,10-0,20 <sup>a</sup>	0,4072 <sup>a</sup>	
Remolacha azucarera	0,2	0,10-0,20 <sup>a</sup>	0,4072 <sup>a</sup>	
Alcachofas	0,8			
Cacahuetes	1			

Nota: Las estadísticas de los cultivos presentadas en esta tabla no son completas. Para los valores no especificados se deben utilizar los correspondientes a cultivos similares.  
Para más información sobre las fuentes, puede consultarse el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero*.  
<sup>a</sup> Estas estadísticas corresponden a las hojas de la remolacha.

## Cómo llenar la Hoja de trabajo

### PASO I CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS

#### Uso de la Hoja de Trabajo

- Copie la hoja de trabajo que aparece 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.

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-4 QUEMA EN EL CAMPO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS para anotar los datos correspondientes a este módulo.

- 1 Especificar los cultivos importantes cuyos residuos son quemados en los campos, anotándolos como categorías en la hoja de trabajo.
- 2 Para cada tipo de cultivo, indicar en la columna A la Producción Anual en gigagramos del producto; esta cifra es idéntica a su expresión en kilotoneladas.



- 3 Anotar en la columna B la Relación Residuos-Cultivo para cada tipo de cultivo. Utilizar la Tabla 4-15 *supra* si no se dispone de estadísticas locales.
- 4 Multiplicar la Producción Anual de cada cultivo por la Relación de Residuos-Cultivo a fin de obtener la Cantidad de Residuos. Indicar el resultado en la columna C.

### **PASO 2 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SECOS**

- 1 Anotar en la columna D la Fracción de Materia Seca para cada tipo de cultivo.  
En la Tabla 4-15 se presentan algunos valores por defecto para algunos tipos de cultivos.
- 2 Multiplicar la Cantidad de Residuos por la Fracción de Materia Seca para obtener la Cantidad de Residuos Secos en gigagramos de materia seca. Anotar el resultado en la columna E.

### **PASO 3 ESTIMACIÓN DEL TOTAL DE BIOMASA QUEMADA**

- 1 Anotar en la columna F la Fracción Quemada en los Campos para cada tipo de cultivo.  
Los valores deben reflejar la media de las prácticas en cada país. No se dispone de datos por defecto.
- 2 Anotar en la columna G la Fracción Oxidada correspondiente a cada tipo de cultivo (el valor por defecto es de 0,90).
- 3 Multiplicar la Cantidad de Residuos Secos por la Fracción Quemada en los Campos y por la Fracción de Biomasa Oxidada para obtener el Total de Biomasa Quemada (en gigagramos de materia seca). Indicar el resultado en la columna H.

### **PASO 4 CÁLCULO DEL CARBONO TOTAL LIBERADO**

- 1 Anotar en la columna I la Fracción de Carbono para cada residuo.  
En la Tabla 4-15 se incluyen los valores por defecto correspondientes a algunos tipos de cultivos. Si no se dispone de otra información, deberá emplearse el valor por defecto correspondiente a la biomasa viva, que es 0,5.
- 2 Multiplicar el Total de Biomasa Quemada por la Fracción de Carbono en cada tipo de residuo para obtener el Total de Carbono Liberado en gigagramos de carbono. Indicar los resultados en la columna J.
- 3 Sumar los totales para cada tipo de cultivo en la columna J y anotar el resultado en la casilla Total situada en la parte inferior de la misma.

**PASO 5 ESTIMACIÓN DEL TOTAL DE NITRÓGENO LIBERADO**

- 1 Indicar en la columna K la Relación de Nitrógeno-Carbono para cada tipo de cultivo.

El valor por defecto general de esta relación para los cultivos oscila entre 0,01 y 0,02. En la Tabla 4-15 se incluyen algunos valores específicos para determinados cultivos.

- 2 Multiplicar el Total del Carbono Liberado (columna J) por la Relación Nitrógeno-Carbono (columna K) para obtener el Total del Nitrógeno Liberado. Indicar el resultado en la columna L.
- 3 Sumar el Total del Nitrógeno Liberado para cada tipo de cultivo y anotar el resultado en la casilla correspondiente al Total en la parte inferior de la columna L.

**PASO 6 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO<sub>2</sub>**

- 1 Anotar las Relaciones de Emisión en las casillas correspondientes de la columna M. En la Tabla 4-16 se presentan los valores por defecto y los rangos de valores de las tasas de emisión.

Gas	Relaciones	
	Por defecto	Rango de valores
CH <sub>4</sub>	0,005	0,003-0,007
CO	0,06	0,04-0,08
N <sub>2</sub> O	0,007	0,005-0,009
NO <sub>x</sub>	0,121	0,094-0,148

Nota: Por lo que respecta a los compuestos de carbono, las relaciones son la masa del carbono liberado como CH<sub>4</sub> o CO (en unidades de C) respecto de la masa total del carbono liberado en la quema (en unidades de C). En cuanto a los compuestos de nitrógeno, éstos se expresan como las relaciones de la masa de compuestos de nitrógeno liberados con respecto a la masa total del nitrógeno liberado del combustible.

Para más información sobre las fuentes, se puede consultar el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero*.

- 2 Multiplicar el Carbono Liberado (Total de la columna J) por las Relaciones de Emisión para el CH<sub>4</sub> o el CO (columna M) a fin de obtener las Emisiones de Carbono expresadas como metano y monóxido de carbono. Indicar los resultados en las casillas correspondientes de la columna N.
- 3 Multiplicar el Nitrógeno Liberado (Total de la columna L) por las Relaciones de Emisión para el N<sub>2</sub>O y los NO<sub>x</sub> (columna M) a fin de obtener las Emisiones de Nitrógeno expresadas como óxido nitroso y



óxidos de nitrógeno. Anotar los resultados en las casillas correspondientes de la columna N.

- 4 Para cada gas, multiplicar por la Relación de Conversión<sup>3</sup> de la columna O a fin de obtener las Emisiones procedentes de la Quema de Residuos Agrícolas. Anotar los resultados, en gigagramos de cada gas, en las casillas correspondientes de la columna P.

## 4.6 Suelos agrícolas

### 4.6.1 Introducción

Se cuenta con información adecuada para calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de los sistemas agrícolas incluidas (1) las emisiones directas de N<sub>2</sub>O procedentes de los suelos agrícolas (incluidos los sistemas de producción en invernadero y excluyendo los efectos del pastoreo de los animales) (2) las emisiones directas de N<sub>2</sub>O procedentes de los suelos dedicados a la producción animal y (3) las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedentes del nitrógeno utilizado en la agricultura. Los cálculos pueden llevarse a cabo en 9 pasos en la HOJA DE TRABAJO 4-5.

### 4.6.2 Fuentes de los datos

Todos los datos sobre el aporte pueden tomarse de las bases de datos de la FAO.

Es necesario contar con la información siguiente:

- Total de fertilizante sintético utilizado en el país (N<sub>FERT</sub>, en kg N/año).
- Número de cabezas de ganado en el país para las siguientes categorías: ganado no lechero, ganado lechero, aves de corral, ovejas, cerdos y otros animales; N<sub>(T)</sub>.
- Legumbres secas y soya producidas en el país (Cultivo<sub>BF</sub>, en kg/año).
- Producción seca de otros cultivos del país (Cultivo<sub>0</sub>, kg/año).
- Superficie de los suelos orgánicos cultivados (Histosoles) en el país (F<sub>SO</sub>, ha).

### 4.6.3 Metodología

El total de emisiones de N<sub>2</sub>O–N en un país (kg N<sub>2</sub>O–N/año) se calcula así:

$$N_2O = N_2O_{DIRECTAS} + N_2O_{ANIMALES} + N_2O_{INDIRECTAS}$$

<sup>3</sup> Las relaciones de los pesos moleculares indicadas para los gases emitidos son por respecto al peso del nitrógeno o el carbono en la molécula. La relación para el N<sub>2</sub>O es de 44/28 y la de los NO<sub>x</sub> es de 46/14. El NO<sub>2</sub> se ha empleado como molécula de referencia para los NO<sub>x</sub>.

## Cómo llenar la Hoja de trabajo

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-5, SUELOS AGRÍCOLAS que aparece al final de este módulo para anotar los datos.

### ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LOS CAMPOS AGRÍCOLAS

#### PASO I CANTIDAD DEL APORTE DE N

##### 1 Cálculo del fertilizante sintético utilizado ( $F_{SN}$ )

Los cálculos de la HOJA DE TRABAJO requieren conocer el total de fertilizante sintético,  $F_{SN}$ , utilizado en el país excluyendo las emisiones de  $NH_3$  y  $NO_x$  ( $F_{SN}$ ). Para el cálculo se puede emplear la ecuación siguiente:

#### ECUACIÓN 1

$$F_{SN} = N_{FERT} \times (1 - \text{Frac}_{GASF})$$

en la cual:

$N_{FERT}$  = total de fertilizante sintético utilizado en el país (kg N/año);

$\text{Frac}_{GASF}$  = fracción del total de nitrógeno del fertilizante sintético que se emite como  $NO_x + NH_3$  (kg N/kg N) (véase la Tabla 4-17).

Anotar el  $F_{SN}$  en la columna A de la HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja I.

##### 2 Cálculo del nitrógeno procedente del estiércol ( $F_E$ )

Es necesario conocer el número de cabezas de ganado en el país para las categorías siguientes: ganado no lechero, ganado lechero, aves de corral, ovejas, cerdos y otros animales,  $N_{(T)}$ .

Utilizando los factores para el nitrógeno excretado indicados en la Tabla 4-6, puede calcularse el nitrógeno total excretado por el ganado atendiendo al número de cabezas. En la Tabla 4-7 se indica el porcentaje del N en el estiércol utilizado como combustible ( $\text{Frac}_{COMB}$ ), y el correspondiente al pastoreo de animales (Praderas y Pastizales) ( $\text{Frac}_{PAST}$ ).

#### ECUACIÓN 2

$$F_E = (N_{ex} (1 - (\text{Frac}_{COMB} + \text{Frac}_{PAST} + \text{Frac}_{GASM})))$$

#### ECUACIÓN 3

$$N_{ex} = \sum [N_{(T)} \times Nex_{(T)}]$$





#### ECUACIÓN 4

$$Nex_{(SME)} = \sum [N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times SME_{(T)}]$$

en la cual:

$SME_{(T)}$	=	fracción de $Nex_{(T)}$ que se produce con los diferentes sistemas de manejo del estiércol en el país (tomada de las Tablas 4-6 y 4-7);
$F_E$	=	nitrógeno del estiércol utilizado como fertilizante en el país, haciendo la corrección para las emisiones de $NH_3$ y $NO_x$ y excluyendo el estiércol producido durante el pastoreo (kg N/año);
$Frac_{COMB}$	=	fracción del nitrógeno excretado por el ganado contenido en el estiércol que se quema como combustible (kg N/kg N total excretado);
$Frac_{PAST}$	=	fracción del nitrógeno excretado por el ganado y depositado en el suelo durante el pastoreo (kg N/kg N excretado); estimación para el país;
$Frac_{GASM}$	=	fracción del Total del Nitrógeno Excretado que se emite como $NO_x$ o $NH_3$ (kg N/kg N) (véase la Tabla 4-17);
$N_{(T)}$	=	número de animales por Tipo de animal en el país;
$Nex$	=	Nitrógeno Total excretado por los animales en el país (kg N/año);
$Nex_{(T)}$	=	nitrógeno excretado por Tipo de animal en el país (kg/año) (véase la Tabla 4-6);
$Nex_{(SME)}$	=	nitrógeno excretado por Sistema de Manejo del estiércol (kg/año).

#### HOJA DE TRABAJO 4-5A (Adicional) NITRÓGENO DEL ESTIÉRCOL UTILIZADO COMO FERTILIZANTE

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-5A (Adicional) para calcular el Nitrógeno del Estiércol Utilizado como Fertilizante, haciendo la corrección correspondiente a las emisiones de  $NH_3$  y  $NO_x$  y excluyendo el estiércol producido durante el pastoreo.

- 1 Anotar en la columna A el Total de Nitrógeno Excretado,  $Nex$ , para todos los Sistemas de Manejo del Estiércol que aparecen en la columna A, hoja 3 de la HOJA DE TRABAJO 4-1.
- 2 Indicar en la columna B la Fracción del Nitrógeno quemado como Combustible,  $Frac_{COMB}$ . En la Tabla 4-17 aparecen los valores por defecto.
- 3 Anotar en la columna C la Fracción de Nitrógeno Excretado durante el Pastoreo,  $Frac_{PAST}$ . Véase la Tabla I del Apéndice A, Praderas y Pastizales.

- 4 Indicar en la columna D la Fracción del Nitrógeno Excretado Emitido como  $\text{NO}_x$  y  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ . Los valores por defecto se indican en la Tabla 4-17. Se debe señalar que las cifras del Apéndice A están expresadas en porcentaje. Dividir esos valores por 100 para obtener la Fracción del Nitrógeno Excretado durante el Pastoreo.
- 5 Sumar las columnas B, C y D y restar el total de la unidad. Anotar esa cifra en la columna E.
- 6 Multiplicar la columna A por la E, e indicar el producto en la columna F, correspondiente al Nitrógeno del Estiércol Utilizado (realizada la corrección para dar cuenta de las emisiones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$  y excluyendo el estiércol producido durante el pastoreo),  $F_E$ .
- 7 Anotar la cifra de  $F_E$  en la columna A de la hoja I de la HOJA DE TRABAJO 4-5.

<b>TABLA 4-17</b>		
<b>RESUMEN DE LOS VALORES POR DEFECTO PARA LOS PARÁMETROS</b>		
$\text{Frac}_{\text{QUEM}}$	=	0,25 en los países en desarrollo; 0,10 o inferior en los países desarrollados (kg N/kg de N en el cultivo)
$\text{Frac}_{\text{COMB}}$	=	0,0 kg N/kg del nitrógeno excretado <sup>a</sup>
$\text{Frac}_{\text{GASF}}$	=	0,1 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ + $\text{NO}_x\text{-N}$ /kg del nitrógeno en el fertilizante sintético aplicado
$\text{Frac}_{\text{GASM}}$	=	0,2 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ + $\text{NO}_x\text{-N}$ /kg del nitrógeno excretado por el ganado
$\text{Frac}_{\text{PAST}}$	=	Véase la Tabla A-1, Apéndice A (Columna Praderas y Pastizales). <sup>a</sup>
$\text{Frac}_{\text{LIX}}$	=	0,3 kg N/kg nitrógeno del fertilizante o el estiércol
$\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$	=	0,03 kg N/kg de biomasa seca
$\text{Frac}_{\text{NCR0}}$	=	0,015 kg N/kg de biomasa seca
$\text{Frac}_R$	=	0,45 kg N/kg de N en la cosecha
<sup>a</sup> Se recomienda que los países obtengan datos específicos para los países.		

**3. Cálculo del aporte total de nitrógeno en cultivos fijadores del nitrógeno ( $F_{BN}$ )**

El aporte de nitrógeno de los cultivos fijadores del nitrógeno ( $F_{BN}$ , kg N/año) puede calcularse a partir de la producción de legumbres secas y soya en el país,  $\text{Cultivo}_{\text{BF}}$  (kg/año):

**ECUACIÓN 5**

$$F_{BN} = 2 \times \text{Cultivo}_{\text{BF}} \times \text{Frac}_{\text{NCRBF}}$$



en la cual:

- Cultivo<sub>BF</sub> = producción de legumbres secas + soya en el país (kg biomasa seca/año);
- Frac<sub>NCRBF</sub> = fracción del nitrógeno en cultivos fijadores del nitrógeno (kg N/kg de biomasa seca) (véase la Tabla 4-17). El factor 2 permite convertir las cifras de la FAO para la producción de cultivos a total de biomasa de los cultivos.

Anotar F<sub>BN</sub> en la columna A de la HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja 1.

#### 4. Cálculo del aporte de nitrógeno procedente de los residuos de las cosechas (F<sub>RC</sub>)

Los datos necesarios para calcular el aporte de nitrógeno de los residuos de las cosechas (F<sub>RC</sub>) son los siguientes:

- Producción de legumbres secas y soya en el país, Cultivo<sub>BF</sub> (kg/año)
- Producción de otros cultivos en el país, Cultivo<sub>0</sub> (kg/año)

Esas cifras pueden tomarse de las bases de datos de la FAO.

Los residuos de las cosechas reintegrados a los suelos (F<sub>RC</sub>, en kg N/año) se calculan empleando la ecuación siguiente:

#### ECUACIÓN 6

$$F_{RC} = 2 \times [\text{Cultivo}_0 \times \text{Frac}_{NCR0} + \text{Cultivo}_{BF} \times \text{Frac}_{NCRBF}] \times (1 - \text{Frac}_R) \times (1 - \text{Frac}_{QUEM})$$

en la cual:

- Cultivo<sub>BF</sub> = producción de legumbres secas + soya en el país (kg biomasa seca/año);
- Cultivo<sub>0</sub> = producción de cultivos no fijadores del nitrógeno en el país (kg biomasa seca/año);
- Frac<sub>NCRBF</sub> = fracción del nitrógeno en cultivos fijadores del nitrógeno (kg N/kg de biomasa seca) (véase la Tabla 4-17);
- Frac<sub>NCR0</sub> = fracción del nitrógeno en cultivos no fijadores del nitrógeno (kg N/kg de biomasa seca) (véase la Tabla 4-17);
- Frac<sub>R</sub> = fracción de los residuos de las cosechas que se retira de los campos durante la cosecha (kg N/kg cosecha-N) (véase la Tabla 4-17);
- Frac<sub>QUEM</sub> = fracción de residuos de la cosecha que se quema en lugar de ser abandonados en los campos (véase la Tabla 4-17).

El factor 2 permite realizar la conversión de las cifras de producción de cultivos comestibles en las cifras totales de producción de biomasa de la cosecha.

## HOJA DE TRABAJO 4-5B (Adicional) APOORTE DE NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE LAS COSECHAS

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-5B (Adicional) para calcular el aporte de nitrógeno correspondiente a los Residuos de las Cosechas.

- 1 Indicar en la columna A la Producción de cultivos no fijadores del nitrógeno,  $Cultivo_0$ , en el país. Si no se contara con los datos de producción tales como los correspondientes a la biomasa seca, multiplicar  $Cultivo_0$  por (1-0,15) para dar cuenta del contenido de humedad de la cosecha.
- 2 Anotar en la columna B la Fracción de Nitrógeno de los cultivos no fijadores del nitrógeno,  $Frac_{NCR0}$ . En la Tabla 4-17 se indican los valores por defecto.
- 3 Anotar en la columna C la Producción de Legumbres Secas y Soya,  $Cultivo_{BFN}$ . Si no se cuenta con los datos de producción tales como los correspondientes a la biomasa seca, multiplicar  $Cultivo_0$  por (1-0,15) para dar cuenta del contenido de humedad de la cosecha.
- 4 Anotar en la columna D la Fracción del Nitrógeno en los cultivos fijadores del nitrógeno,  $Frac_{NCRBF}$ . Los datos por defecto se presentan en la Tabla 4-17.
- 5 Restar de la unidad la Fracción de los Residuos de las Cosechas Retirados de los Campos,  $Frac_R$ , e indicar el resultado en la columna F. En la Tabla 4-17 se indican los valores por defecto.
- 6 Restar de la unidad la Fracción de Residuos de las Cosechas Quemados,  $Frac_{QUEM}$ , e indicar el resultado en la columna G. En la Tabla 4-17 se indican los valores por defecto.
- 7 Multiplicar la columna A por la B, y la columna C por la D. Sumar los productos, y multiplicar el resultado por las cifras de las columnas F y G. Multiplicar el resultado por 2, indicándolo en la columna H para obtener el aporte de nitrógeno de los residuos de las cosechas,  $F_{RC}$ .
- 8 Anotar la cifra del  $F_{RC}$  en la columna A de la HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja I.

## PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO EXCLUIDO EL CULTIVO DE LOS HISTOSOLES

- 1 Indicar en la columna B los Factores de Emisión para las Emisiones Directas. Para el factor de emisión  $FE_1$  utilice los valores por defecto presentados en la Tabla 4-18, o cifras más precisas si estuvieran disponibles localmente.
- 2 Multiplicar la Cantidad de aporte de N (columna A) por el Factor de Emisión para las Emisiones Directas (columna B) a fin de obtener las Emisiones Directas de  $N_2O$  procedentes de los Suelos. Multiplicar el resultado final por  $10^{-6}$  para expresarlo en gigagramos. Anotar los resultados en la columna C.