

CAPÍTULO 11

EMISIONES DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO₂ DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE CAL Y UREA

Autores

Cecile De Klein (Nueva Zelanda), Rafael S.A. Novoa (Chile), Stephen Ogle (Estados Unidos), Keith A. Smith (Reino Unido), Philippe Rochette (Canadá) y Thomas C. Wirth (Estados Unidos)

Brian G. McConkey (Canadá), Arvin Mosier (Estados Unidos) y Kristin Rypdal (Noruega)

Autores colaboradores

Stephen A. Williams (Estados Unidos) y Margaret Walsh (Estados Unidos)

Índice

11	Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea	
11.1	Introducción	11.5
11.2	Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.....	11.5
11.2.1	Emisiones directas de N ₂ O	11.6
11.2.1.1	Elección del método	11.7
11.2.1.2	Elección de los factores de emisión.....	11.11
11.2.1.3	Elección de los datos de la actividad	11.13
11.2.1.4	Evaluación de incertidumbre	11.18
11.2.2	Emisiones indirectas de N ₂ O	11.21
11.2.2.1	Elección del método	11.21
11.2.2.2	Elección de factores de emisión, volatilización y lixiviación	11.25
11.2.2.3	Elección de los datos de la actividad	11.25
11.2.2.4	Evaluación de incertidumbre	11.26
11.2.3	Exhaustividad, series temporales, GC/CC.....	11.27
11.3	Emisiones de CO ₂ POR encalado.....	11.29
11.3.1	Elección del método	11.29
11.3.2	Elección de los factores de emisión.....	11.31
11.3.3	Elección de los datos de la actividad.....	11.31
11.3.4	Evaluación de incertidumbre.....	11.31
11.3.5	Exhaustividad, series temporales, GC/CC.....	11.32
11.4	Emisiones de CO ₂ de fertilización con urea	11.34
11.4.1	Elección del método	11.34
11.4.2	Elección del factor de emisión.....	11.36
11.4.3	Elección de los datos de la actividad	11.36
11.4.4	Evaluación de incertidumbre	11.36
11.4.5	Exhaustividad, coherencia de las series temporales, GC/CC	11.37
Anexo 11A.1	Referencias para los datos de residuos agrícolas del Cuadro 11.2.....	11.40
	Referencias.....	11.55

Ecuaciones

Ecuación 11.1	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados (Nivel 1)	11.7
Ecuación 11.2	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados (Nivel 2)	11.11
Ecuación 11.3	N de agregados de N orgánico aplicados a los suelos (Nivel 1).....	11.13
Ecuación 11.4	N de estiércol animal aplicado a los suelos (Nivel 1).....	11.14
Ecuación 11.5	N de la orina y el estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas (Nivel 1).....	11.14
Ecuación 11.6	N de residuos agrícolas y renovación de forraje/pasturas (Nivel 1)	11.15
Ecuación 11.7	Corrección de peso en seco de los rendimientos de cosecha declarados	11.16
Ecuación 11.7A	Método alternativo para estimar F _{CR} (usando el Cuadro 11.2).....	11.16
Ecuación 11.8	N mineralizado en suelos minerales debido a pérdida de C del suelo por cambios en el uso o la gestión del suelo (Niveles 1 y 2)	11.17
Ecuación 11.9	N ₂ O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (Nivel 1)	11.23
Ecuación 11.10	Emisiones de N ₂ O por lixiviación/escurrimiento de N de suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos (Nivel 1).....	11.23
Ecuación 11.11	N ₂ O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (Nivel 2)	11.24
Ecuación 11.12	Emisiones anuales de CO ₂ por aplicación de cal.....	11.29
Ecuación 11.13	Emisiones anuales de CO ₂ por aplicación de urea.....	11.34

Figuras

Figura 11.1	Diagrama esquemático que ilustra las fuentes y vías del N provocadas por las emisiones directas e indirectas de N ₂ O de suelos y aguas.....	11.9
Figura 11.2	Árbol de decisiones para emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	11.10
Figura 11.3	Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados.....	11.22
Figura 11.4	Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO ₂ del encalado.	11.30
Figura 11.5	Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO ₂ fertilización con urea.....	11.35

Cuadros

Cuadro 11.1	Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados.....	11.12
Cuadro 11.2	Factores por defecto para la estimación del N agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas ^a	11.19
Cuadro 11.3	Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N ₂ O del suelo.....	11.26

11 EMISIONES DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO₂ DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE CAL Y UREA

11.1 INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 11 se proporciona una descripción de las metodologías genéricas a adoptar para el inventario de emisiones de óxido nitroso (N₂O) de suelos gestionados, incluidas las emisiones indirectas de N₂O de los agregados de N a la tierra, debidos a deposición y lixiviación, así como las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) producidas por los agregados de materiales de encalado y de fertilizantes con contenido de urea.

Son suelos gestionados¹ todos los de las tierras, incluidas las forestales, que están gestionadas. En lo que se refiere al N₂O, el método básico de tres niveles es el mismo empleado en la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (GPG-LULUCF)* para pastizales y tierras de cultivo, y en la *Orientación del IPCC para las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GPG2000)* para suelos agrícolas, mientras que se han incluido las partes pertinentes de la metodología de GPG-LULUCF para tierras forestales. Dado que los métodos se basan en depósitos y flujos que pueden producirse en todas las diversas categorías de uso de la tierra y el hecho de que, en la mayoría de los casos, sólo se dispone de datos nacionales agregados (es decir, no específicos del uso de la tierra), se presenta aquí la información genérica sobre las metodologías, como se las aplica a nivel nacional, incluyendo:

- un marco general para aplicar los métodos y las ecuaciones adecuadas para los cálculos;
- una explicación de los procesos que rigen las emisiones de N₂O de suelos gestionados (directas e indirectas) y las emisiones de CO₂ por encalado y fertilización con urea, con sus respectivas incertidumbres; y
- la elección de métodos, factores de emisión (incluidos los valores por defecto) y datos de la actividad, así como factores de volatilización y lixiviación.
- Si se dispone de datos de la actividad para las categorías específicas de uso de la tierra, las ecuaciones que se suministran pueden aplicarse para categorías específicas de uso de la tierra.

Los cambios en las *Directrices del IPCC de 2006* con respecto a las *Directrices del IPCC de 1996* incluyen lo siguiente:

- asesoramiento sobre cómo estimar las emisiones de CO₂ relacionadas con el uso de la urea como fertilizante;
- cobertura sectorial total de las emisiones indirectas de N₂O;
- amplia revisión de la bibliografía relativa a factores de emisión revisados para óxido nitroso de suelos agrícolas; y
- remoción de la fijación biológica de nitrógeno como fuente directa de N₂O dada la falta de prueba de emisiones significativas causadas por el proceso de fijación.

11.2 EMISIONES DE N₂O DE SUELOS GESTIONADOS

En esta sección se presentan los métodos y las ecuaciones para estimar el total de emisiones antropogénicas nacionales de N₂O (directas e indirectas) de suelos gestionados. Las ecuaciones genéricas que se presentan aquí también pueden emplearse para estimar el N₂O en categorías específicas del uso de la tierra o por variables bajo condiciones específicas (p. ej., agregado de N a arrozales) si el país puede desagregar los datos de la actividad a ese nivel (es decir, actividad de uso del N dentro de un uso específico de la tierra).

El óxido nitroso se produce naturalmente en los suelos a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación. La nitrificación es la oxidación microbiana aeróbica del amonio en nitrato y la desnitrificación es la reducción

¹ Tierra gestionada se define en el Capítulo 1, Sección 1.1.

microbiana anaeróbica del nitrato en gas de nitrógeno (N_2). El óxido nitroso es un producto intermedio gaseoso en la secuencia de reacción de la desnitrificación y un producto derivado de la nitrificación que se fuga de las células microbianas al suelo y, en última instancia, a la atmósfera. Uno de los principales factores de control de esta reacción es la disponibilidad de N inorgánico en el suelo. Por lo tanto, mediante esta metodología, se estiman las emisiones de N_2O utilizando agregados netos de N a los suelos inducidos por el hombre (p. ej., fertilizantes sintéticos u orgánicos, depósito de estiércol, residuos agrícolas, barros cloacales) o por mineralización del N en la materia orgánica del suelo producida por drenaje/gestión de suelos orgánicos o por cambios en los cultivos/uso de la tierra en suelos minerales (p. ej., tierras forestales/pastizales/asentamientos convertidos en tierras de cultivo).

Las emisiones de N_2O producidas por agregados antropogénicos de N o por mineralización del N se producen tanto por vía directa (es decir, directamente de los suelos a los que se agrega o libera el N) y a través de dos vías indirectas: (i) a partir de la volatilización de NH_3 y NO_x de suelos gestionados y de la combustión de combustible fósil y quemado de biomasa, y la subsiguiente redeposición de estos gases y sus productos NH_4^+ y NO_3^- en suelos y aguas; y (ii) después de la lixiviación y el escurrimiento del N, principalmente como NO_3^- , de suelos gestionados. Las principales vías se ilustran en la Figura 11.1.

Las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados se estiman por separado, a partir de las emisiones indirectas, aunque empleando un conjunto común de datos de la actividad. En las metodologías de Nivel 1 no se tienen en cuenta las diferentes cubiertas terrestres, tipos de suelo, condiciones climáticas o prácticas de gestión (a excepción de las mencionadas antes). Tampoco se tienen en cuenta los posibles retardos de las emisiones directas de N de residuos agrícolas, y se asignan estas emisiones al año en el que los residuos se devuelven al suelo. Estos factores no se consideran para las emisiones directas (o, de corresponder, las indirectas) porque se dispone de una cantidad de datos limitada para proporcionar factores de emisión adecuados. Los países que cuenten con datos que demuestren que los factores por defecto son inapropiados para ellos deben utilizar las ecuaciones de Nivel 2 o los métodos de Nivel 3 e incluir una explicación completa de los valores utilizados.

11.2.1 Emisiones directas de N_2O

En la mayoría de los suelos, un incremento del N disponible aumenta las tasas de nitrificación y desnitrificación que, a su vez, incrementan la producción de N_2O . Los aumentos del N disponible pueden producirse por agregados de N inducidos por el hombre o por cambios en el uso de la tierra y/o en las prácticas de gestión que mineralicen el N orgánico del suelo.

En la metodología, se incluyen las siguientes fuentes de N para estimar las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados:

- fertilizantes de N sintético (F_{SN});
- N orgánico aplicado como fertilizante (p. ej., estiércol animal, *compost*, lodos cloacales, desechos) (F_{ON});
- N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo (F_{PRP});
- N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluidos los cultivos fijadores de N^2 y de forrajes durante la renovación de las pasturas³ (F_{CR});
- La mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (F_{SOM}); y
- el drenaje/la gestión de suelos orgánicos (es decir, Histosoles)⁴ (F_{OS}).

² La fijación biológica del N se ha quitado como fuente directa de N_2O dada la falta de pruebas de emisiones significativas causadas por el proceso de fijación en sí (Rochette y Janzen, 2005). Estos autores llegaron a la conclusión de que las emisiones de N_2O inducidas por el crecimiento de los cultivos leguminosos/forrajes solamente puede estimarse en función de los ingresos de nitrógeno aéreo y subterráneo de residuos de cultivos/forraje (el N de residuos de forraje sólo se contabiliza durante la renovación de las pasturas). Por el contrario, la liberación de N por mineralización de la materia orgánica del suelo a resultados de cambios en el uso o la gestión de la tierras se incluye ahora como fuente adicional. Hay ajustes significativos a la metodología descrita previamente en las *Directrices del IPCC de 1996*.

³ El nitrógeno residual de los cultivos de forrajes perennes sólo se contabiliza durante la periódica renovación de las pasturas; es decir, no necesariamente con periodicidad anual, como sucede en el caso de los cultivos anuales.

⁴ Los suelos son orgánicos si satisfacen los requisitos 1 y 2, o 1 y 3 que se indican a continuación (FAO, 1998): 1. Espesor de 10 cm o más. Un horizonte de menos de 20 cm de espesor debe tener un 12 por ciento o más de carbono orgánico cuando se mezcla a una profundidad de 20 cm; 2. Si el suelo nunca se satura con agua durante más de unos pocos días, y contiene más de un 20 por ciento (en peso) de carbono orgánico (alrededor de un 35 por ciento de materia orgánica); 3. Si el suelo está sujeto a episodios de saturación hídrica y tiene: (i) como mínimo un 12 por ciento (en peso) de carbono orgánico (alrededor de un 20 por ciento de

11.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 11.2 sirve de orientación sobre qué nivel de método utilizar.

Nivel 1

En su forma más básica, las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados se estiman empleando la Ecuación 11.1, de la siguiente manera:

ECUACIÓN 11.1
EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$N_2O_{Directas-N} = N_2O-N_{N\text{ aportes}} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

Donde:

$$N_2O-N_{N\text{ aportes}} = \left[\left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 \right] + \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR} \right] \right]$$

$$N_2O-N_{OS} = \left[\left(F_{OS,CG,Temp} \cdot EF_{2CG,Temp} \right) + \left(F_{OS,CG,Trop} \cdot EF_{2CG,Trop} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NR} \cdot EF_{2F,Temp,NR} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NP} \cdot EF_{2F,Temp,NP} \right) + \left(F_{OS,F,Trop} \cdot EF_{2F,Trop} \right) \right]$$

$$N_2O-N_{PRP} = \left[\left(F_{PRP, CPP} \cdot EF_{3PRP, CPP} \right) + \left(F_{PRP, SO} \cdot EF_{3PRP, SO} \right) \right]$$

Donde:

$N_2O_{Directas-N}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas a partir de suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O-N_{N\text{ aportes}}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

N_2O-N_{OS} = emisiones directas anuales de N₂O–N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

N_2O-N_{PRP} = emisiones directas anuales de N₂O–N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N₂O–N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal, *compost*, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos (Nota: Si se incluyen los barros cloacales, realizar una verificación cruzada con el Sector Desechos para asegurarse de que no hay cómputo doble de las emisiones de N₂O del N contenido en los barros cloacales), kg N año⁻¹

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos, kg N año⁻¹

F_{SOM} = cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año⁻¹

F_{OS} = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹ (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

materia orgánica) si no tiene arcilla; o (ii) como mínimo un 18 por ciento (en peso) de carbono orgánico (alrededor de un 30 por ciento de materia orgánica) si tiene un 60 por ciento o más de arcilla; o (iii) una cantidad intermedia proporcional de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla (FAO, 1998).

EF_1 = factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ (Cuadro 11.1)

Cuando se conoce la cantidad total anual de N aplicada al arroz bajo fangueo, este aporte de N puede multiplicarse por un factor de emisión por defecto más bajo aplicable a este cultivo, EF_{1FR} (Cuadro 11.1) (Akiyama *et al.*, 2005) o, donde se haya determinado un factor de emisión específico del país, por este factor en lugar de aquél. Aunque hay cierta evidencia de que las inundaciones intermitentes (según lo descrito en el Capítulo 5.5) pueden incrementar las emisiones de N_2O , los datos científicos actuales señalan que el factor EF_{1FR} se aplica también a situaciones de inundaciones intermitentes.

EF_{1FR} es el factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ (Cuadro 11.1)

EF_2 = factor de emisión para emisiones de N_2O de suelos orgánicos drenados/gestionados, $kg\ N_2O-N\ há^{-1}\ año^{-1}$ (Cuadro 11.1) (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

EF_{3PRP} = factor de emisión para emisiones de N_2O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$; (Cuadro 11.1) (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

Figura 11.1 Diagrama esquemático que ilustra las fuentes y vías del N provocadas por las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos y aguas.

Nota: Las fuentes de N aplicado a los suelos o depositado sobre ellos se representan con flechas del lado izquierdo del gráfico. Las vías de emisión también se indican con flechas que incluyen las distintas vías de volatilización de NH₃ y NO_x de fuentes agrícolas y no agrícolas, la deposición de estos gases y de sus productos NH₄⁺ y NO₃⁻ y también se ilustran las consiguientes emisiones indirectas de N₂O. Los «Fertilizantes de N orgánico aplicados» incluyen el estiércol animal, todos los *compost*, barros cloacales, residuos de mataderos, etc. Los «Residuos agrícolas» incluyen los residuos aéreos y subterráneos de todos los cultivos (sean o no fijadores de N) y de los cultivos de forrajes perennes y pasturas que siguen a la renovación. En el extremo inferior derecho hay una vista de corte de una sección representativa de tierras gestionadas; se representa aquí un cultivo en Histosol.

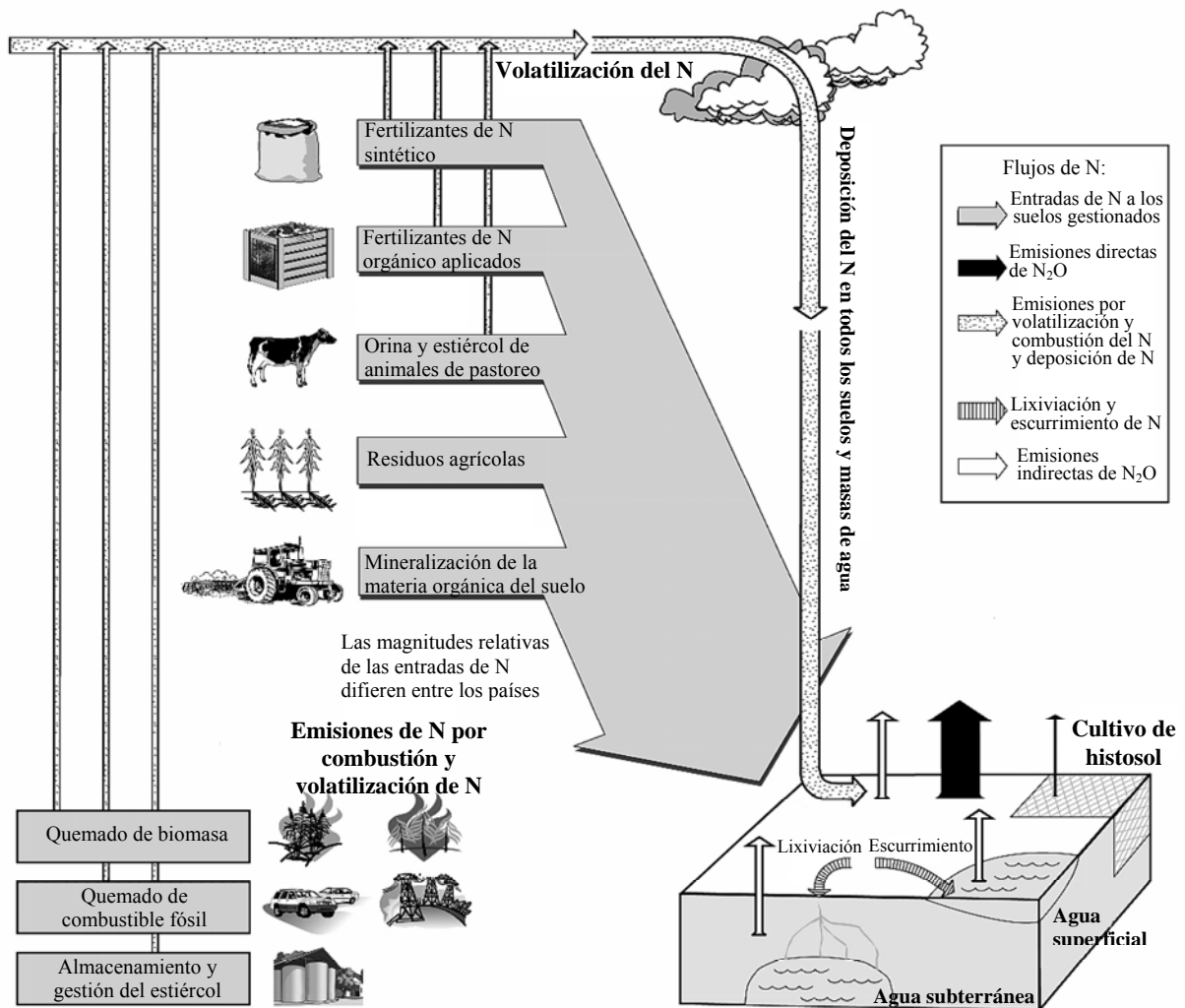
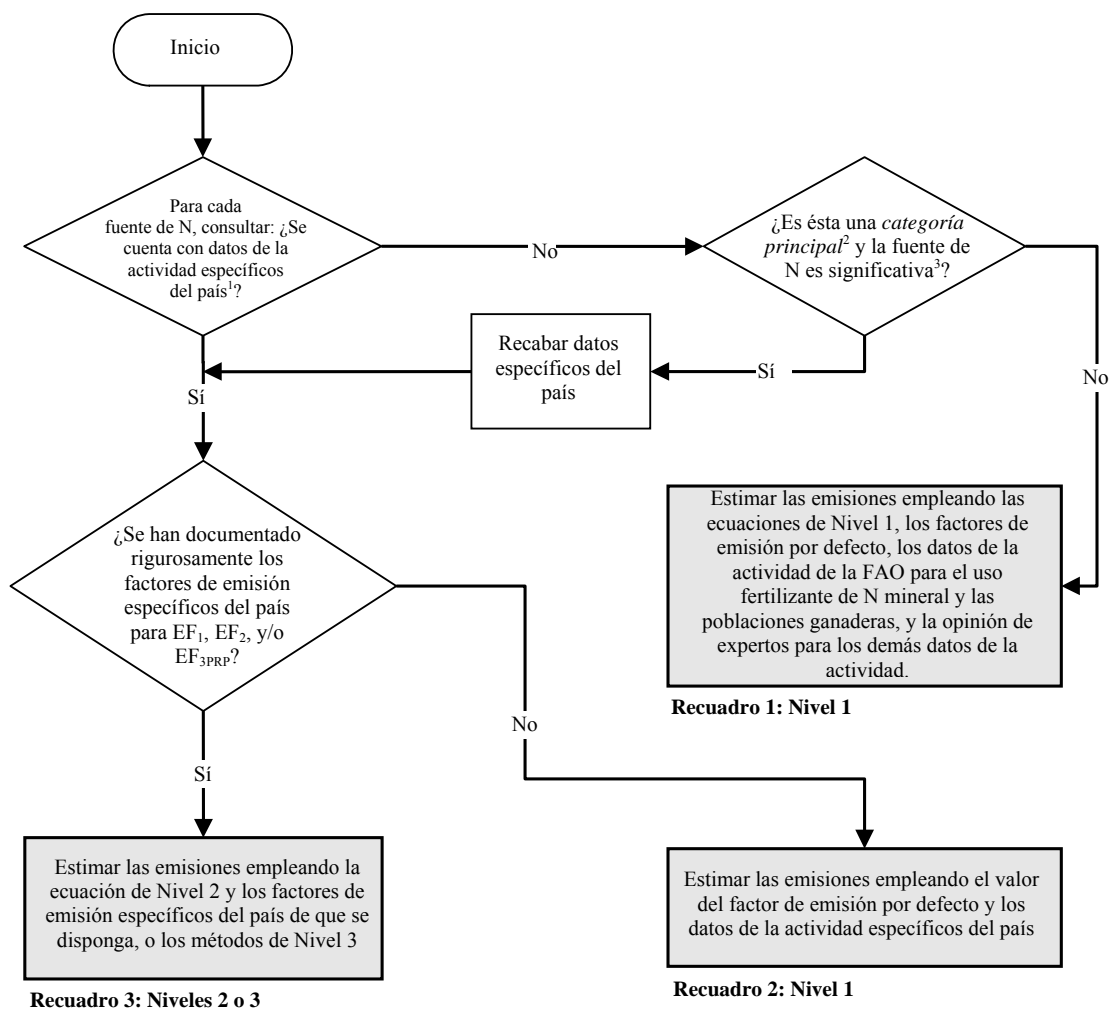


Figura 11.2 **Árbol de decisiones para emisiones directas de N₂O de suelos gestionados**



Nota:

1: Las fuentes de N incluyen: fertilizante de N sintético, aditivos de N orgánico, orina y estiércol depositados durante el pastoreo, residuos agrícolas o de forraje, la mineralización del N contenido en la materia orgánica del suelo que acompaña a la pérdida de C de suelos que sigue a un cambio en el uso o la gestión de la tierra y al drenaje/la gestión de suelos orgánicos. También se pueden incluir otros aditivos de N orgánico (p. ej., *compost*, lodo de aguas servidas, desechos) si se dispone de suficiente información. La entrada de residuos se mide en unidades de N y se agrega como un subtérmino fuente adicional bajo F_{ON} en la Ecuación 11.1 para que se multiplique por EF₁.

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

3: Como regla general, una subcategoría será significativa si es la que produce un 25-30% de las emisiones de la categoría fuente.

La conversión de emisiones de N₂O–N en emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O-N \bullet 44/28$$

Nivel 2

Si, para un país dado, se dispone de factores de emisión y de los respectivos datos de la actividad con mayor detalle que los que se presentan en la Ecuación 11.1, puede llevarse a cabo una mayor desagregación de los términos de la ecuación. Por ejemplo, si se dispone de los factores de emisión y de los datos de la actividad para la aplicación de fertilizantes sintéticos y de N orgánico (F_{SN} y F_{ON}) bajo diferentes condiciones *i*, la Ecuación 11.1 se ampliará para convertirse en ⁵:

ECUACIÓN 11.2

EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 2)

$$N_2O_{Directas-N} = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i \bullet EF_{i1} + (F_{CR} + F_{SOM}) \bullet EF_1 + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

Donde:

EF_{i1} = factores de emisión desarrollados para emisiones de N₂O de la aplicación de fertilizantes sintéticos y N orgánico en condiciones *i* (kg N₂O–N (kg aporte de N)⁻¹); *i* = 1, ...n.

La Ecuación 11.2 puede modificarse de diversas maneras para adaptarla a cualquier combinación de factores de emisión referidos a fuentes de N, tipos de cultivo, gestión, uso de la tierra, clima, suelo u otras condiciones específicas con que pueda contar un país para cada una de las variables individuales de aporte de N (F_{SN}, F_{ON}, F_{CR}, F_{SOM}, F_{OS}, F_{PRP}).

La conversión de emisiones de N₂O–N a emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O-N \bullet 44/28$$

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 son métodos de modelización o de medición. Los modelos resultan útiles porque, en formas apropiadas, permiten relacionar las variables del suelo y ambientales responsables de las emisiones de N₂O con la magnitud de tales emisiones. Entonces, estas relaciones pueden utilizarse para predecir las emisiones de países enteros o regiones para los cuales las mediciones experimentales resultan impracticables. Los modelos sólo deben emplearse después de su validación mediante mediciones experimentales representativas. Se debe tener cuidado de asegurar que, en las estimaciones de emisiones desarrolladas mediante el uso de modelos o mediciones, se tengan en cuenta todas las emisiones antropogénicas de N₂O.⁶ En el Capítulo 2, Sección 2.5, se brinda orientación que aporta una base científica sólida para el desarrollo de un Sistema de contabilización basado en Modelos de Nivel 3.

11.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Niveles 1 y 2

Se requieren tres factores de emisión (EF) para estimar las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados. Los valores por defecto que aquí se presentan pueden emplearse en la ecuación de Nivel 1 o en la de Nivel 2 en combinación con factores de emisión específicos del país. El primer EF (EF₁) se refiere a la cantidad de N₂O emitida por las distintas aplicaciones de N sintético y orgánico a los suelos, incluyendo los residuos agrícolas y la mineralización del carbono orgánico del suelo en suelos minerales debida a cambios en el uso o la gestión de la tierra. El segundo EF (EF₂) se refiere a la cantidad de N₂O emitida desde los suelos orgánicos de una

⁵ Es importante señalar que la Ecuación 11.2 no es más que una de las muchas posibles modificaciones de la Ecuación 11.1 cuando se aplica el método de Nivel 2. La eventual forma de la Ecuación 11.2 depende de la disponibilidad de factores de emisión específicos de la situación y del grado al cual un país pueda desagregar sus datos de la actividad.

⁶ Se supone que las emisiones naturales de N₂O en tierras gestionadas son equivalentes a las de las tierras no gestionadas. Estas últimas son muy bajas. Por lo tanto, casi todas las emisiones de tierras gestionadas se consideran antropogénicas. Las estimaciones efectuadas empleando la metodología del IPCC son de la misma magnitud que el total de las emisiones medidas en tierras gestionadas. Las emisiones llamadas «de fondo» estimadas por Bouwman (1996) (es decir, aprox. 1 kg N₂O–N/há/año sin agregado de N fertilizante) no son emisiones «naturales» sino que, en su mayor parte, se deben a aportes de N de residuos agrícolas. Estas emisiones son antropogénicas y están contabilizadas en la metodología del IPCC.

superficie drenada/gestionada, y en el tercero (EF_{3PRP}) se estima la cantidad de N₂O emitida por el N de la orina y el estiércol depositados por los animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas. En el Cuadro 11.1 se encuentran los factores de emisión por defecto para el método del Nivel 1.

A la luz de las nuevas pruebas, el valor por defecto para EF₁ se ha establecido en un 1% del N aplicado a los suelos o liberado a través de actividades que provoquen la mineralización de la materia orgánica en suelos minerales⁷. En muchos casos, este factor resultará adecuado; sin embargo, hay datos recientes que sugieren que este factor de emisión podría desagregarse sobre la base de (1) factores ambientales (clima, contenido de C orgánico del suelo, textura del suelo, drenaje y pH del suelo); y (2) factores relacionados con la gestión (tasa de aplicación de N por tipo de fertilizante, tipo de cultivo, con diferencias entre leguminosas, cultivos arables de no leguminosas, y hierba) (Bouwman *et al.*, 2002; Stehfest y Bouwman, 2006). En los países en los que puedan desagregarse los datos de la actividad de todos o algunos de estos factores puede optarse por emplear factores de emisión desagregados con el método de Nivel 2.

CUADRO 11.1 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DIRECTAS DE N ₂ O DE LOS SUELOS GESTIONADOS		
Factor de emisión	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
EF ₁ para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,01	0,003 - 0,03
EF _{1FR} para arrozales inundados [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,003	0,000 - 0,006
EF _{2CG, Temp} para suelos orgánicos templados de cultivo y con pastizales (kg N ₂ O-N há ⁻¹)	8	2 - 24
EF _{2CG, Trop} para suelos orgánicos tropicales de cultivo y pastizales (kg N ₂ O-N há ⁻¹)	16	5 - 48
EF _{2F, Temp, Org, R} para suelos forestales templados y boreales ricos en nutrientes orgánicos (kg N ₂ O-N há ⁻¹)	0,6	0,16 - 2,4
EF _{2F, Temp, Org, P} para suelos forestales templados y boreales pobres en nutrientes orgánicos (kg N ₂ O-N há ⁻¹)	0,1	0,02 - 0,3
EF _{2F, Trop} para suelos forestales orgánicos tropicales (kg N ₂ O-N há ⁻¹)	8	0 - 24
EF _{3PRP, CPP} para vacunos (lecheros y no lecheros, y búfalos), aves de corral y porcinos [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,02	0,007 - 0,06
EF _{3PRP, SO} para ovinos y «otros animales» [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	0,01	0,003 - 0,03
Fuentes: EF ₁ : Bouwman <i>et al.</i> 2002a,b; Stehfest & Bouwman, 2006; Novoa & Tejeda, 2006 en prensa; EF _{1FR} : Akiyama <i>et al.</i> , 2005; EF _{2CG, Temp} , EF _{2CG, Trop} , EF _{2F, Trop} : Klemetsson <i>et al.</i> , 1999, IPCC Good Practice Guidance, 2000; EF _{2F, Temp} : Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996; Klemetsson <i>et al.</i> , 2002; EF _{3, CPP} , EF _{3, SO} : de Klein, 2004.		

El valor por defecto para EF₂ es de 8 kg N₂O-N há⁻¹ año⁻¹ para climas templados. Dado que se supone que las tasas de mineralización tienen el doble de magnitud en los climas tropicales que en los templados, el factor de emisión EF₂ es de 16 kg N₂O-N há⁻¹ año⁻¹ para climas tropicales⁸. Las definiciones de climas se proporcionan en el Capítulo 3, Anexo 3A.5.

⁷ El valor de EF₁ se ha cambiado de 1,25% a 1%, con relación a las *Directrices del IPCC de 1996*, a resultados de nuevos análisis de los datos experimentales disponibles (Bouwman *et al.*, 2002a,b; Stehfest y Bouwman, 2006; Novoa y Tejeda, 2006 en prensa). Estos análisis se basan en un número mucho mayor de mediciones que aquél de que se disponía en el estudio anterior y que diera lugar al valor previo utilizado para EF₁ (Bouwman, 1996). El valor medio para emisiones inducidas por fertilizantes y estiércol calculado en estas revisiones se aproxima al 0,9%; no obstante, se considera que, dadas las incertidumbres relacionadas con este valor y la inclusión en el cálculo del inventario de otros aportes al agregado de nitrógeno (p. ej., de residuos agrícolas y de la mineralización de materia orgánica del suelo), el valor redondeado del 1% resulta apropiado.

⁸ Los valores de EF₂, tanto para climas templados como para los tropicales, provistos en las *1996 IPCC Guidelines* se han reemplazado por los contenidos en la *GPG2000*.

El valor por defecto de EF_{3PRP} es de un 2% del N depositado por todos los tipos de animales, excepto para «ovinos» y «otros animales». Para estas últimas especies, puede emplearse un factor de emisión por defecto del 1% del N depositado.

11.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Niveles 1 y 2

En esta sección se describen métodos genéricos para estimar la cantidad de distintos aportes de N a los suelos (F_{SN}, F_{ON}, F_{PRP}, F_{CR}, F_{SOM}, F_{OS}) que se requieren para las metodologías de Niveles 1 y 2 (Ecuaciones 11.1 y 11.2).

Fertilizante sintético aplicado (F_{SN})

El término F_{SN} se refiere a la cantidad anual de fertilizante sintético de N aplicado a los suelos⁹. Se estima a partir de la cantidad total de fertilizante sintético consumida por año. Los datos del consumo anual de fertilizante pueden recabarse de estadísticas oficiales del país, a menudo registradas como ventas de fertilizantes y/o como producción local e importaciones. Si no se dispone de datos específicos del país, pueden emplearse datos de la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFIA, del inglés *International Fertilizer Industry Association*) (<http://www.fertilizer.org/ifa/statistics.asp>) sobre el uso total de fertilizantes por tipo y por cultivo, o de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (<http://faostat.fao.org/>) sobre consumo de fertilizantes sintéticos. Puede resultar útil comparar las estadísticas nacionales con las bases de datos internacionales, como las de la IFIA y la FAO. Si se dispone de datos suficientes, los fertilizantes pueden desagregarse por tipo, tipo de cultivo y régimen climático para los principales cultivos. Estos datos pueden resultar útiles para desarrollar estimaciones de emisión revisadas si los métodos de inventario se mejoran en el futuro. Es de hacer notar que la mayoría de las fuentes de datos (incluida la FAO) podrían limitar lo declarado a usos agrícolas del N, aunque también puede haber aplicaciones en tierras forestales, asentamientos y otras tierras. Es factible que este N no contabilizado constituya una proporción pequeña del total de las emisiones. No obstante, se recomienda que, siempre que resulte posible, los países procuren obtener información adicional.

Fertilizantes de N orgánico aplicados (F_{ON})

El término «fertilizante de N orgánico aplicado» (F_{ON}) se refiere a la cantidad de aportes de N orgánico aplicada a los suelos que no provengan de animales en pastoreo y se calcula empleando la Ecuación 11.3. Esto incluye estiércol animal aplicado, barros cloacales aplicados al suelo, *compost* aplicado al suelo, así como otros abonos orgánicos de importancia regional para la agricultura (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.). El fertilizante de N orgánico (F_{ON}) se calcula empleando la Ecuación 11.3:

ECUACIÓN 11.3
N DE AGREGADOS DE N ORGÁNICO APLICADOS A LOS SUELOS (NIVEL 1)

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

Donde:

F_{ON} = cantidad total anual de fertilizante de N orgánico aplicada a los suelos, excepto el de animales en pastoreo, kg N año⁻¹

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

F_{SEW} = cantidad anual de N total de barros cloacales (coordinar con el Sector Desechos para asegurarse de que no haya cómputo doble de N) que se aplica a los suelos, kg N año⁻¹

F_{COMP} = cantidad anual del total de N de *compost* aplicada a los suelos (asegurarse de que no haya cómputo doble del N de estiércol del *compost*), kg N año⁻¹

⁹ Para el método de Nivel 1, las cantidades de fertilizantes de nitrógeno mineral (F_{SN}) y de fertilizantes de nitrógeno orgánico (F_{ON}) aplicadas ya no se ajustan según las magnitudes de volatilización de NH₃ y NO_x después de la aplicación al suelo. Esto implica un cambio en la metodología descrita en las *Directrices del IPCC de 1996*. La razón de este cambio es que, mediante estudios de campo, se ha determinado que los factores de emisión de N₂O para el N aplicado no se ajustaron para volatilización cuando se los estimó. En otras palabras, estos factores de emisión se determinaron a partir de: N₂O-N emitido inducido por fertilizante / cantidad total de N aplicado, y no de: N₂O-N emitido inducido por fertilizante / (cantidad total de N aplicado - NH₃ y NO_x volatilizado). Como resultado, de hecho, ajustar la cantidad de aporte de N por volatilización antes de multiplicarla por el factor de emisión implicaría subestimar el total de emisiones de N₂O. Los países que apliquen métodos de los Niveles 2 o 3 deben tener presente que puede resultar necesario efectuar una corrección de la volatilización de NH₃/NO_x después de la aplicación al suelo de N mineral u orgánico, según el factor de emisión y/o de la metodología de inventario que se utilice.

F_{OOA} = cantidad anual de otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.), kg N año^{-1}

El término F_{AM} se determina ajustando la cantidad de N del estiércol disponible (N_{MMS_Avb} ; véase la Ecuación 10.34 del Capítulo 10) según la cantidad de estiércol gestionado usada para alimento ($Frac_{ALIM}$), quemada como combustible ($Frac_{COMBUST}$), o utilizado para construcción ($Frac_{CNST}$) como se indica en la Ecuación 11.4. Los datos de $Frac_{COMBUST}$, $Frac_{ALIM}$, $Frac_{CNST}$ pueden obtenerse de estadísticas oficiales o de un sondeo realizado por expertos. No obstante, si estos datos no están disponibles, debe usarse N_{MMS_Avb} como F_{AM} sin ajustar respecto a $Frac_{COMBUST}$, $Frac_{ALIM}$, $Frac_{CNST}$.

ECUACIÓN 11.4

N DE ESTIÉRCOL ANIMAL APLICADO A LOS SUELOS (NIVEL 1)

$$F_{AM} = N_{MMS_Avb} \cdot \left[1 - \left(Frac_{ALIM} + Frac_{COMBUST} + Frac_{CNST} \right) \right]$$

Donde:

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año^{-1}

N_{MMS_Avb} = cantidad de N del estiércol gestionado disponible para aplicación al suelo y para uso como alimento, combustible o en la construcción, kg N año^{-1} (véase la Ecuación 10.34 del Capítulo 10)

$Frac_{ALIM}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento

$Frac_{COMBUST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para combustible

$Frac_{CNST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para la construcción

Orina y estiércol de animales de pastoreo (F_{PRP})

El término F_{PRP} se refiere a la cantidad anual de N depositado en suelos de pasturas, prados y praderas por animales de pastoreo. Es importante señalar que el N del estiércol animal gestionado aplicado a los suelos se incluye en el término F_{AM} de F_{ON} . El término F_{PRP} se estima empleando la Ecuación 11.5 de la cantidad de animales de cada especie/categoría de ganado T ($N_{(T)}$), la cantidad promedio anual de N excretado por cada especie/categoría de ganado T ($Nex_{(T)}$), y la fracción de este N que deposita en suelos de pasturas, prados y praderas cada especie/categoría de ganado T ($MS_{(T,PRP)}$). Los datos necesarios para esta ecuación pueden obtenerse del capítulo sobre ganado (véase el Capítulo 10, Sección 10.5).

La Ecuación 11.5 brinda una estimación de la cantidad de N depositado por los animales de pastoreo:

ECUACIÓN 11.5

N DE LA ORINA Y EL ESTIÉRCOL DEPOSITADO POR ANIMALES DE PASTOREO EN PASTURAS, PRADOS Y PRADERAS (NIVEL 1)

$$F_{PRP} = \sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \right) \cdot MS_{(T,PRP)} \right]$$

Donde:

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año^{-1}

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país (véase el Capítulo 10, Sección 10.2)

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, $\text{kg N animal}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (véase el Capítulo 10, Sección 10.5).

$MS_{(T,PRP)}$ = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas^{fn} (véase el Capítulo 10, Sección 10.5)

N de residuos agrícolas, incluyendo cultivos fijadores de N y renovación de forraje/pasturas, devuelto a los suelos (F_{CR})

El término F_{CR} se refiere a la cantidad de N contenida en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo cultivos fijadores de N, que se devuelve a los suelos anualmente¹⁰. También incluye el N de forrajes fijadores y no fijadores de N que se mineraliza durante la renovación del forraje o las pasturas¹¹. Se estima a partir de estadísticas de rendimiento de cultivos y de factores por defecto de relaciones residuo: rendimiento aéreo/subterráneo y contenido de N de los residuos. Además, el método tiene en cuenta el efecto del quemado de residuos u otras remociones de residuos (las emisiones directas de N₂O del quemado de residuos se tratan en el Capítulo 2, Sección 2.4). Dado que las relaciones residuos: rendimiento, tiempo de renovación y contenido de N varían según los diferentes tipos de cultivos, deben realizarse cálculos por separado para los principales tipos de cultivos y, después, sumar los valores de N para todos los tipos de cultivos. Como mínimo, se recomienda que los cultivos se clasifiquen en: 1) cultivos no fijadores de N (p. ej., maíz, arroz, trigo, cebada); 2) granos y legumbres fijadores de N (p. ej., soja, alubias, garbanzos, lentejas); 3) raíces y tubérculos (p. ej., patata, boniato, mandioca); 4) forrajes fijadores de N (alfalfa, trébol); y 5) otros forrajes, incluyendo hierbas perennes y praderas de hierbas/trébol. La Ecuación 11.6 permite estimar el N de residuos agrícolas y de la renovación de forraje/pasturas, para un método de Nivel 1.

ECUACIÓN 11.6
N DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y RENOVACIÓN DE FORRAJE/PASTURAS (NIVEL 1)

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \left[\text{Cultivo}_{(T)} \cdot \left(\text{Superf}_{(T)} - \text{Superf. quemada}_{(T)} \cdot C_f \right) \cdot \text{Frac}_{\text{Renov}(T)} \right] \cdot \left[R_{AG(T)} \cdot N_{AG(T)} \cdot \left(1 - \text{Frac}_{\text{Remoc}(T)} \right) + R_{BG(T)} \cdot N_{BG(T)} \right] \right\}$$

Donde:

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año⁻¹

$\text{Cultivo}_{(T)}$ = rendimiento anual de materia seca cosechada para el cultivo T , kg d.m. há⁻¹

$\text{Superf}_{(T)}$ = total de superficie anual de cosecha del cultivo T , há año⁻¹

$\text{Superf quemada}_{(T)}$ = superficie anual del cultivo T quemada, há año⁻¹

C_f = factor de combustión (sin dimensión) (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.6)

$\text{Frac}_{\text{Renov}(T)}$ = fracción de la superficie total dedicada al cultivo T que se renueva anualmente¹². Para países en los que las pasturas se renuevan, en promedio, cada X años, $\text{Frac}_{\text{Renov}} = 1/X$. Para cultivos anuales, $\text{Frac}_{\text{Renov}} = 1$

$R_{AG(T)}$ = relación entre la materia seca de los residuos aéreos ($AG_{DM(T)}$) y el rendimiento de cosecha del cultivo T ($\text{Cultivo}_{(T)}$), kg d.m. (kg d.m.)⁻¹,
 = $AG_{DM(T)} \cdot 1000 / \text{Cultivo}_{(T)}$ (calculando $AG_{DM(T)}$ a partir de la información del Cuadro 11.2)

$N_{AG(T)}$ = contenido de N de los residuos aéreos del cultivo T , kg N (kg d.m.)⁻¹, (Cuadro 11.2)

$\text{Frac}_{\text{Remoc}(T)}$ = fracción de los residuos aéreos del cultivo T que se extraen anualmente, como los destinados a alimentos, camas y construcción, kg N (kg cultivo-N)⁻¹. Se requiere un sondeo a cargo de expertos del país para obtener los datos. Si no se dispone de datos respecto a $\text{Frac}_{\text{Remoc}}$, se supone que no hay remoción.

$R_{BG(T)}$ = relación entre residuos subterráneos y rendimiento de cosecha del cultivo T , kg d.m. (kg d.m.)⁻¹. Si no se dispone de datos alternativos, $R_{BG(T)}$ puede calcularse multiplicando R_{BG-BIO} del Cuadro 11.2 por la relación entre el total de biomasa aérea y el rendimiento del cultivo (= $[(AG_{DM(T)} \cdot 1000 + \text{Cultivo}_{(T)}) / \text{Cultivo}_{(T)}]$, (también calculando $AG_{DM(T)}$ a partir de la información del Cuadro 11.2).

¹⁰ La ecuación para estimar F_{CR} se ha modificado respecto a la de las previas *Directrices del IPCC de 1996* para dar cuenta del aporte del nitrógeno subterráneo al ingreso total de nitrógeno de los residuos agrícolas, lo que previamente se había omitido en la estimación del F_{CR} . Consecuentemente, ahora, F_{CR} representa una estimación más exacta de la cantidad de ingreso de nitrógeno de los residuos agrícolas, lo que hace posible evaluar la contribución al nitrógeno de residuos que surge del crecimiento de las leguminosas usadas para forraje, como la alfalfa, en las que se cosecha casi toda la materia seca aérea, lo que resulta en que no haya residuos significativos a excepción del sistema radicular.

¹¹ La inclusión del nitrógeno de la renovación de forraje o pasturas constituye un cambio respecto a las previas *Directrices del IPCC de 1996*.

¹² Este término se incluye en la ecuación a fin de contabilizar la liberación de N y los subsiguientes incrementos en las emisiones de N₂O (p. ej., van der Weerden *et al.*, 1999; Davies *et al.*, 2001), de la renovación/cultivo de hierbas o pasturas de hierbas/trébol sometidas a pastoreo y otros cultivos forrajeros.

$N_{BG(T)}$ = contenido de N de los residuos subterráneos del cultivo T , kg N (kg d.m.)⁻¹, (Cuadro 11.2)

T = tipo de cultivo o forraje

Los datos sobre estadísticas de rendimiento de cultivos (rendimientos y superficie cultivada, por cultivo) pueden obtenerse de fuentes nacionales. Si estos datos no están disponibles, la FAO publica datos sobre producción de cultivos: (<http://faostat.fao.org/>).

Dado que las estadísticas de rendimiento de muchos cultivos se declaran en peso seco en el campo o fresco, donde resulte apropiado, puede aplicarse un factor de corrección para estimar los rendimientos en materia seca (Cultivo_(T)) (Ecuación 11.7). El factor de corrección adecuado a usar depende de las normas que se utilicen en las declaraciones de rendimiento, las que pueden variar según los países. En forma alternativa, pueden emplearse los valores por defecto de contenido de materia seca que se proporcionan en el Cuadro 11.2.

ECUACIÓN 11.7
CORRECCIÓN DE PESO EN SECO DE LOS RENDIMIENTOS DE COSECHA DECLARADOS

$$Cultivo_{(T)} = Rendim_{Fresco_{(T)}} \bullet SECO$$

Donde:

Cultivo_(T) = rendimiento de materia seca cosechada para el cultivo T , kg d.m. há⁻¹

Rendim_Fresco_(T) = rendimiento en fresco cosechado para el cultivo T , kg peso fresco há⁻¹

SECO = fracción de materia seca del cultivo cosechado T , kg d.m. (kg peso fresco)⁻¹

También pueden emplearse las ecuaciones de regresión del Cuadro 11.2 para calcular el total de residuos de materia seca aérea; entonces, los demás datos del cuadro permiten, a su vez, el cálculo del N contenido en los residuos aéreos, la materia seca subterránea y el total de N en los residuos subterráneos. El total de agregado de N, F_{CR} , es la suma de los contenidos de N aéreos y subterráneos. Con este método, el F_{CR} surge de la Ecuación 11.7A:

ECUACIÓN 11.7A
MÉTODO ALTERNATIVO PARA ESTIMAR F_{CR} (USANDO EL CUADRO 11.2)

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \begin{aligned} &AG_{DM(T)} \bullet (Superf_{(T)} - Superf_{quemada_{(T)}} \bullet CF) \bullet Frac_{Renov(T)} \bullet \\ &\left[N_{AG(T)} \bullet (1 - Frac_{Remoc(T)}) + R_{BG-BIO(T)} \bullet N_{BG(T)} \right] \end{aligned} \right\}$$

Una mejora en este método para determinar F_{CR} (es decir, Nivel 2) sería usar datos específicos del país y no los valores provistos en el Cuadro 11.2, así como valores específicos del país para la fracción de residuo aéreo quemado.

*N mineralizado resultante de la pérdida en existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión (F_{SOM})*¹³

El término F_{SOM} se refiere a la cantidad de N mineralizado de la pérdida de C orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión. Como se explica en el Capítulo 2, Sección 2.3.3., los cambios en el uso de la tierra y toda una diversidad de prácticas de gestión pueden tener un impacto significativo sobre el almacenamiento de C orgánico en el suelo. El C y el N orgánicos están íntimamente ligados con la materia orgánica del suelo. Donde se pierde C del suelo por oxidación debido a cambios en el uso o la gestión de la tierra, esta pérdida tendrá lugar acompañada por una simultánea mineralización de N. Donde hay una pérdida de C del suelo, este N mineralizado se considera una fuente adicional de N disponible para su conversión en N₂O (Smith y Conen, 2004); así como el N mineral liberado por la descomposición de residuos agrícolas, por ejemplo, se convierte en una fuente. Se emplea el mismo factor de emisión por defecto (EF_1) para N mineralizado por pérdida de materia orgánica del suelo que el que se utiliza para las emisiones directas resultantes de aportes de fertilizantes y N orgánico a los suelos agrícolas. Esto se debe a que el amonio y el nitrato que produce la mineralización de la materia orgánica del suelo tiene el mismo valor que un sustrato para los microorganismos que producen el N₂O por nitrificación y desnitrificación, independientemente de si la fuente de N mineral es por pérdida de materia orgánica del suelo por cambios en el uso o la gestión de la tierra, por

¹³ La inclusión del término F_{SOM} constituye un cambio respecto a las previas *Directrices del IPCC de 1996*, que no incluían el N de mineralización que se asocia con una pérdida del C orgánico del suelo.

descomposición de residuos agrícolas, por fertilizantes sintéticos o por abonos orgánicos. (Nota: el proceso opuesto a la mineralización, por el que el N inorgánico es secuestrado en la nueva SOM formada, no se tiene en cuenta en el cálculo de la fuente de mineralización del N. Esto se debe a la diferente dinámica de la descomposición y formación de SOM, así como a que, en ciertas circunstancias, un laboreo reducido puede aumentar tanto la SOM como la emisión de N₂O.

Para todas las situaciones en las que se produzcan pérdidas de C del suelo (según lo calculado en el Capítulo 2, Ecuación 2.25), se muestran a continuación los métodos de Niveles 1 y 2 para calcular la liberación de N por mineralización.

Pasos de cálculo para estimar los cambios en el suministro de N por mineralización

Paso 1: calcular el promedio anual de pérdida de C del suelo ($\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$) para la superficie en cuestión, durante el período del inventario, empleando la Ecuación 2.25 del Capítulo 2. Aplicando el método de Nivel 1, $\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$ tendrá un único valor para todos los usos de la tierra y sistemas de gestión. Empleando el Nivel 2, el valor de $\Delta C_{\text{Mineral,es LU}}$ se desagrega para los distintos usos de la tierra y/o sistemas de gestión.

Paso 2: estimar el N mineralizado como consecuencia de esta pérdida de C del suelo (F_{SOM}), aplicando la Ecuación 11.8:

ECUACIÓN 11.8
N MINERALIZADO EN SUELOS MINERALES DEBIDO A PÉRDIDA DE C DEL SUELO POR CAMBIOS EN EL USO O LA GESTIÓN DEL SUELO (NIVELES 1 Y 2)

$$F_{\text{SOM}} = \sum_{\text{LU}} \left[\left(\Delta C_{\text{Minerales, LU}} \cdot \frac{1}{R} \right) \cdot 1\,000 \right]$$

Donde:

F_{SOM} = cantidad neta anual de N mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios en el uso o la gestión de la tierra, Kg N

$\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$ = pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU), ton C (Nota: para el Nivel 1, el $\Delta C_{\text{minerales, LU}}$ tendrá un único valor para todos los usos de la tierra y sistemas de gestión. Empleando el Nivel 2, el valor de $\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$ se desagregará para los distintos usos de la tierra y/o sistemas de gestión.

R = relación C:N de la materia orgánica del suelo. Puede usarse un valor por defecto de 15 (rango de incertidumbre entre 10 y 30) para la relación C:N (R) para situaciones que impliquen cambios en el uso de la tierra de tierras forestales o pastizales a tierras de cultivo, en ausencia de datos más específicos de la zona. Puede usarse un valor por defecto de 10 (rango entre 8 y 15) para situaciones que impliquen cambios en la gestión en *tierras de cultivo que permanecen como tales*. La relación C:N puede cambiar a través del tiempo, con los usos de la tierra o las prácticas de gestión¹⁴. Si los países pueden documentar los cambios en la relación C:N, entonces, pueden utilizarse diferentes valores según la serie temporal, el uso de la tierra y la práctica de gestión.

LU = tipo de uso de la tierra y/o sistema de gestión.

Paso 3: para el Nivel 1, el valor de F_{SOM} se calcula en un único paso. Para el Nivel 2, F_{SOM} se calcula sumando todos los tipos de usos de la tierra y/o sistemas de gestión (LU).

los países que no pueden estimar los cambios brutos de C en suelos minerales deben crear un sesgo en la estimación de N₂O, y es una *buena práctica* reconocer esta limitación en la documentación de las declaraciones. También es una *buena práctica* utilizar datos específicos de las relaciones C:N para las superficies de tierra desagregadas, si se dispone de ellas, conjuntamente con los datos para cambios en carbono.

Superficie de suelos orgánicos drenados/gestionados (F_{OS})

El término F_{OS} se refiere a la superficie total anual (há) de suelos orgánicos drenados/gestionados (véase la nota al pie 4 en cuanto a su definición). Esta definición se aplica tanto para los métodos de Nivel 1 como para los de Nivel 2. Para todos los usos de la tierra, las superficies deben estratificarse por zona climática (templada y tropical). Además, para tierras forestales templadas, las superficies deben estratificarse también según la fertilidad del suelo (ricas en nutrientes y pobres en nutrientes). La superficie de suelos orgánicos drenados/gestionados (F_{OS}) puede obtenerse de estadísticas nacionales oficiales. Alternativamente, el total de la

¹⁴ Puede encontrarse información sobre relaciones C:N en suelos forestales y de cultivo en las siguientes referencias: Aitkenhead-Peterson *et al.*, 2005; Garten *et al.*, 2000; John *et al.*, 2005; Lobe *et al.*, 2001; Snowdon *et al.*, 2005, y otras referencias citadas por estos autores.

superficie de suelos orgánicos de cada país está a disposición en el sitio de la FAO (<http://faostat.fao.org/>), y puede emplearse el asesoramiento de expertos para estimar las superficies que se drenan/gestionan. En cuanto a tierras forestales, los datos nacionales van a estar disponibles en organizaciones que hacen relevamiento de suelos y de relevamientos de humedales, p. ej., para convenciones internacionales. En caso de que resulte imposible la estratificación según la fertilidad del suelo, los países pueden confiar en el dictamen de expertos.

11.2.1.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las incertidumbres en las estimaciones de las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados son provocadas por las incertidumbres relacionadas con los factores de emisión (véase el Cuadro 11.1 en cuanto a rangos de incertidumbre), variabilidad natural, fracciones de subdivisión, datos de la actividad, falta de cobertura de las mediciones, agregación espacial, y falta de información sobre prácticas rurales específicas. Se incorporará más incertidumbre en un inventario cuando se usen mediciones de emisión que no sean representativas de todas las condiciones del país. En general, la fiabilidad de los datos de la actividad será mayor que la de los factores de emisión. A modo de ejemplo, puede provocarse mayor incertidumbre si se ignora información sobre la observancia de las leyes y reglamentaciones relacionadas con el manejo y la aplicación de fertilizantes y estiércol, y con los cambios en las prácticas de gestión agrícola. Por lo general, resulta difícil obtener información sobre la real observancia de las leyes y sobre las posibles reducciones de la emisión logradas, así como sobre las prácticas agrícolas. Para obtener una orientación más detallada sobre la evaluación de la incertidumbre véase el Volumen 1, Capítulo 3.

CUADRO 11.2
FACTORES POR DEFECTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL N AGREGADO A LOS SUELOS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS^a

Cultivo	Fracción de materia seca del producto cosechado (SECO)	Materia seca de los residuos aéreos AG _{DM(T)} (Mg/ha): AG _{DM(T)} = Cultivo _(T) * declive _(T) + intercept _(T)					Contenido de N de residuos aéreos (N _{AG})	Relación residuos subterráneos / biomasa aérea (R _{BG-BIO})	Contenido de N de residuos subterráneos (N _{BG})
		Declive	± 2 s.d. como % de la media	Intercepción	± 2 s.d. como % de la media	R ² ajust.			
<i>Principales tipos de cultivos</i>									
Granos	0,88	1,09	± 2%	0,88	± 6%	0,65	0,006	0,22 (± 16%)	0,009
Alubias y legumbres ^b	0,91	1,13	± 19%	0,85	± 56%	0,28	0,008	0,19 (± 45%)	0,008
Tubérculos ^c	0,22	0,10	± 69%	1,06	± 70%	0,18	0,019	0,20 (± 50%)	0,014
Raíces, otros ^d	0,94	1,07	± 19%	1,54	± 41%	0,63	0,016	0,20 (± 50%)	0,014
Forrajes fijadores de N	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,027	0,40 (± 50%)	0,022
Forrajes no fijadores de N	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,015	0,54 (± 50%)	0,012
Hierbas perennes	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,015	0,80 (± 50%) ^l	0,012
Mezclas de hierba y trébol	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,025	0,80 (± 50%) ^l	0,016 ^p
<i>Cultivos individuales</i>									
Maíz	0,87	1,03	± 3%	0,61	± 19%	0,76	0,006	0,22 (± 26%)	0,007
Trigo	0,89	1,51	± 3%	0,52	± 17%	0,68	0,006	0,24 (± 32%)	0,009
Trigo de invierno	0,89	1,61	± 3%	0,40	± 25%	0,67	0,006	0,23 (± 41%)	0,009
Trigo de primavera	0,89	1,29	± 5%	0,75	± 26%	0,76	0,006	0,28 (± 26%)	0,009
Arroz	0,89	0,95	± 19%	2,46	± 41%	0,47	0,007	0,16 (± 35%)	ND
Cebada	0,89	0,98	± 8%	0,59	± 41%	0,68	0,007	0,22 (± 33%)	0,014
Avena	0,89	0,91	± 5%	0,89	± 8%	0,45	0,007	0,25 (± 120%)	0,008
Mijo	0,90	1,43	± 18%	0,14	± 308%	0,50	0,007	ND	ND
Sorgo	0,89	0,88	± 13%	1,33	± 27%	0,36	0,007	ND	0,006
Centeno ^c	0,88	1,09	± 50% x defecto	0,88	± 50% x defecto	-	0,005	ND	0,011

CUADRO 11.2 (CONTINUACIÓN)
FACTORES POR DEFECTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL N AGREGADO A LOS SUELOS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS ^A

Cultivo	Fracción de materia seca del producto cosechado (SECO)	Materia seca de los residuos aéreos AG _{DM(T)} (Mg/ha): AG _{DM(T)} = Cultivo _(T) * declive _(T) + intercept _(T)					Contenido de N de residuos aéreos (N _{AG})	Relación residuos subterráneos / biomasa aérea (R _{BG-BIO})	Contenido de N de residuos subterráneos (N _{BG})
		Declive	± 2 s.d. como % de la media	Intercepción	± 2 s.d. como % de la media	R ² ajust.			
Soja	0,91	0,93	± 31%	1,35	± 49%	0,16	0,008	0,19 (± 45%)	0,008
Alubias ^g	0,90	0,36	± 100%	0,68	± 47%	0,15	0,01	ND	0,01
Patatas ^h	0,22	0,10	± 69%	1,06	± 70%	0,18	0,019	0,20 (± 50%) ^m	0,014
Cacahuetes (c/vaina) ⁱ	0,94	1,07	± 19%	1,54	± 41%	0,63	0,016	ND	ND
Alfalfa ^j	0,90	0,29 ^k	± 31%	0	-	-	0,027	0,40 (± 50%) ⁿ	0,019
Heno no-leguminoso ^j	0,90	0,18	± 50% x defecto	0	-	-	0,15	0,54 (± 50%) ⁿ	0,012

^a Fuente: Revisión de la bibliografía a cargo de Stephen A. Williams, Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University. (Correo electrónico: stewart@warnercnr.colostate.edu) para CASMGs (<http://www.casmg.colostate.edu/>). En el Anexo 11A.1 se suministra un listado de las referencias originales.

^b La relación promedio de residuos aéreos: grano de todos los datos usados fue de 2,0 e incluyó datos relativos a soja, alubias, lentejas, arvejas, frijoles, lentejas negras, y guisantes.

^c Modelizado sobre la base de las patatas.

^d Modelizado sobre la base de los cacahuetes.

^e No hay datos para el centeno. Los valores de declive e intercepción son los de todos los granos. s.d. por defecto.

^f La relación promedio residuos aéreos: grano de todos los datos utilizados fue de 1,9.

^g Ortega, 1988 (véase el Anexo 11A.1). La relación promedio residuos aéreos: grano de esta única fuente fue de 1,6. s.d. por defecto para raíces: AGB.

^h El valor medio utilizado para la relación residuos aéreos: tubérculos fue de 0,27 con un error estándar de 0,04.

ⁱ El valor medio utilizado para residuos aéreos: rendimiento por vaina en las fuentes fue de 1,80 con un error estándar de 0,10.

^j Fuente única. s.d. por defecto para raíces: AGB.

^k Ésta es la biomasa aérea promedio declarada como hojarasca o pérdidas de cosecha. No incluye el rastrojo declarado que, en promedio, fue de 0,165 x rendimientos declarados. s.d. por defecto.

^l Estimación de renovación de raíces para la producción aérea basada en la hipótesis de que, en los sistemas de hierbas naturales, la biomasa subterránea es aproximadamente equivalente al doble (de una a tres veces) de la biomasa aérea y que la renovación en estos sistemas es, en promedio, de alrededor del 40% (30 al 50%) por año. s.d. por defecto.

^m Ésta es una estimación de raíces no tubérculos basada en valores raíz:tallo encontrados para otros cultivos. Si los tubérculos no comercializables se devuelven al suelo, entonces, los datos se derivan de Vangessel y Renner, 1990 (véase el Anexo 11A.1) (rendimiento no comercializable = 0,08 * rendimiento comercializable = 0,29 * biomasa aérea) lo que sugiere que el total de los residuos devueltos sería, entonces, del orden de 0,49 * biomasa aérea. s.d. por defecto.

ⁿ Ésta es una estimación de la renovación de raíces en los sistemas perennes. s.d. por defecto.

^p Aquí, se supone que la hierba domina el sistema en una proporción de 2 a 1 sobre las legumbres.

11.2.2 Emisiones indirectas de N₂O

Además de las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados que se producen por vía directa (es decir, directamente desde los suelos a los que se les aplica N), también tienen lugar emisiones de N₂O por vías indirectas (como se señalara anteriormente en la Sección 11.2).

La primera de estas vías es la volatilización de N como NH₃ y óxidos de N (NO_x), y la deposición de estos gases y de sus productos NH₄⁺ y NO₃⁻ sobre los suelos y la superficie de los lagos y otras masas de agua. Las fuentes de N como NH₃ y NO_x no se limitan a los fertilizantes y abonos agrícolas, sino que incluyen también la combustión de combustible fósil, el quemado de biomasa, y los procesos de la industria química (véase el Volumen 1, Capítulo 7, Sección 7.3). Es así que estos procesos provocan emisiones de N₂O exactamente de la misma manera que las que resultan de la deposición de NH₃ y NO_x derivados de la agricultura, después de la aplicación de fertilizantes de N sintético y orgánico y/o de la deposición de orina y estiércol de los animales en pastoreo. La segunda vía es la lixiviación y el escurrimiento desde la tierra de N de agregados de fertilizantes sintéticos y orgánicos, residuos agrícolas¹⁵, mineralización de N relacionada con pérdida de C del suelo en suelos minerales y en suelos orgánicos drenados/gestionados por los cambios en el uso de la tierra o las prácticas de gestión, y la deposición de orina y estiércol de los animales en pastoreo. Parte del N inorgánico del suelo o sobre el suelo, principalmente en forma de NO₃, puede evitar los mecanismos de retención biológica del sistema suelo/vegetación por transporte en el flujo de agua por tierra (escurrimiento) y/o fluir a través de los macroporos del suelo o del drenaje por tuberías. Cuando hay un exceso de NO₃ más allá de la demanda biológica, p. ej., bajo machas de orina vacuna, el exceso lixivia a través del perfil del suelo. Los procesos de nitrificación y desnitrificación descritos al comienzo de este capítulo transforman parte del NH₄⁺ y NO₃⁻ en N₂O. Esto puede suceder en las aguas subterráneas que están debajo de la tierra a la que se aplicara N, en zonas ribereñas que reciben el agua de drenaje o escurrimiento, o en las acequias, corrientes, ríos y estuarios (y sus sedimentos) a los cuales fluye en algún momento el agua de drenaje de las tierras.

La metodología descrita en este Capítulo se refiere a las siguientes fuentes de N de emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados que surgen de aportes agrícolas de N:

- fertilizantes de N sintético (F_{SN});
- N orgánico aplicado como fertilizante (p. ej., estiércol animal¹⁶, *compost*, lodos cloacales, desechos y otros abonos orgánicos) (F_{ON});
- N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo (F_{PRP});
- N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo cultivos fijadores de N y renovación de forrajes/pasturas devueltos a los suelos (F_{CR})¹⁷; y
- La mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (F_{SOM}); y

Los métodos genéricos de Niveles 1 y 2 descritos a continuación pueden emplearse para estimar el total de emisiones indirectas de N₂O producidas por agregados de N agrícola a suelos gestionados de todo un país. Si un país está estimando las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados por categoría de uso de la tierra, las emisiones también pueden estimarse con la misma desagregación de categorías de uso de la tierra empleando las ecuaciones que se presentan a continuación con datos de la actividad, fracciones de subdivisión, y/o factores de emisión específicos para cada categoría de uso de la tierra. La metodología para estimar las emisiones indirectas de N₂O de fuentes relacionadas con la combustión e industriales se describe en el Volumen 1, Capítulo 7, Sección 7.3.

11.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

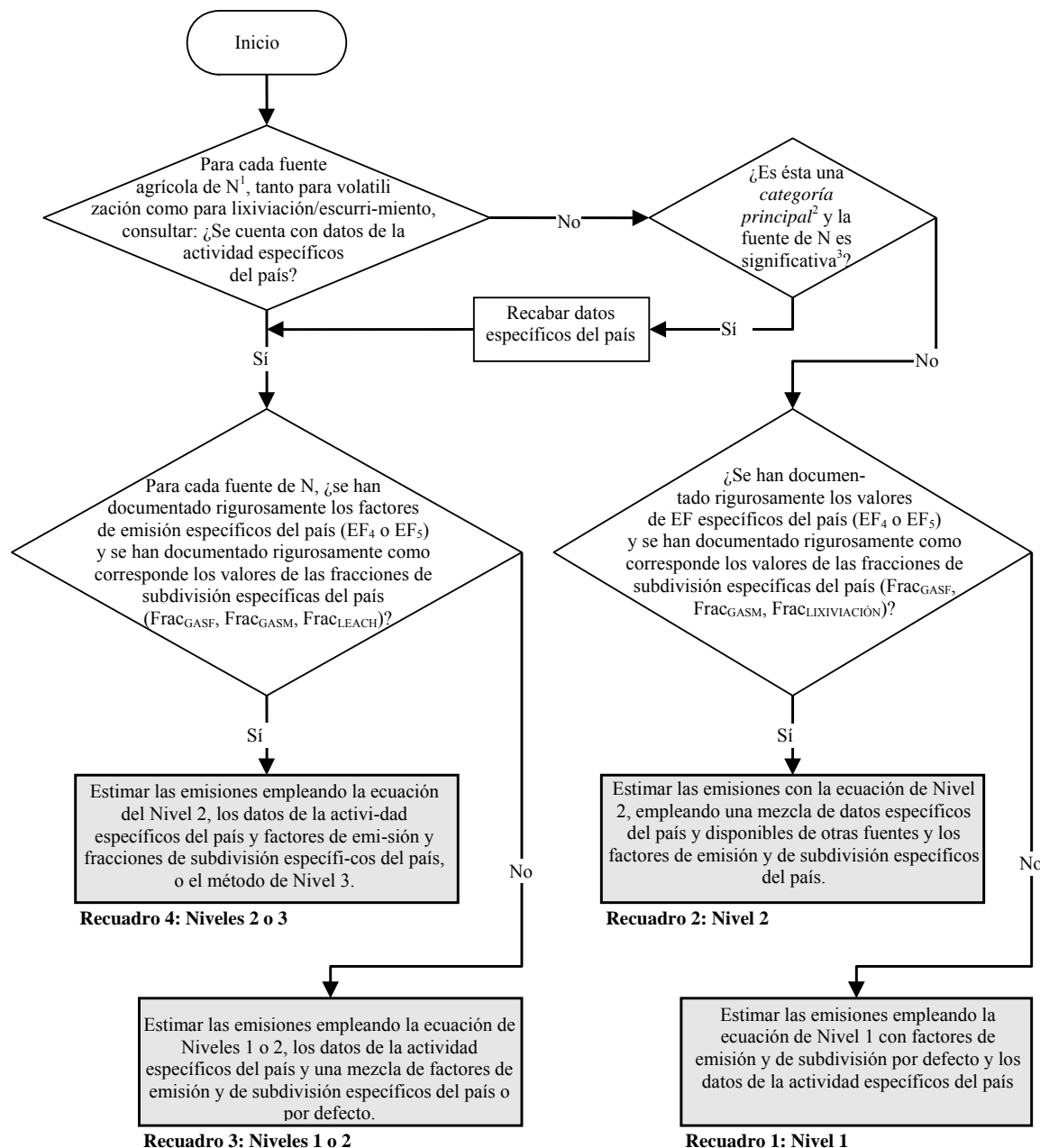
Véase el árbol de decisiones de la Figura 11.3 (Emisiones indirectas de N₂O) para conocer la orientación sobre qué nivel de método utilizar.

¹⁵ La inclusión de los residuos agrícolas como motivo de aporte de N al componente de lixiviación y escurrimiento constituye un cambio respecto a las previas directrices del IPCC.

¹⁶ La volatilización y la subsiguiente deposición de nitrógeno del estiércol en sistemas de gestión del estiércol están cubiertas en la sección referida a gestión del estiércol de este Volumen.

¹⁷ El nitrógeno de estos componentes sólo se incluye en el componente lixiviación/escurrimiento de la emisión indirecta de N₂O.

Figura 11.3 Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados



Nota: Las fuentes de N incluyen: fertilizante de N sintético, aditivos de N orgánico, deposiciones de orina y estiércol, residuos agrícolas, mineralización/inmovilización de N relacionadas con la pérdida/ganancia de C del suelo en suelos minerales debido a cambios en el uso de la tierra o a prácticas de gestión (los residuos agrícolas y la mineralización/inmovilización de N sólo se contabilizan para las emisiones indirectas de N₂O producidas por lixiviación/escorrentía). Se pueden incluir los barros de aguas servidas y otros aditivos de N orgánico si se dispone de suficiente información.

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

3: Como regla general, una categoría subfuente será significativa si es la que produce un 25-30% de las emisiones de la categoría fuente.

Nivel 1
Volatilización, N₂O_(ATD)

Las emisiones de N₂O por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados se estiman aplicando la Ecuación 11.9:

ECUACIÓN 11.9
N₂O PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS
(NIVEL 1)

$$N_2O_{(ATD)}-N = [(F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM})] \cdot EF_4$$

Donde:

N₂O_(ATD)-N = cantidad anual de N₂O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos, kg N año⁻¹

Frac_{GASF} = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹

Frac_{GASM} = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

EF₄ = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N₂O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N-N₂O (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹] (Cuadro 11.3)

La conversión de emisiones de N₂O_(ATD)-N en emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)}-N \cdot 44/28$$

Lixiviación/Escurrecimiento, N₂O_(L)

Las emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento en regiones donde se producen estos fenómenos se estiman empleando la Ecuación 11.10:

ECUACIÓN 11.10
EMISIONES DE N₂O POR LIXIVIACIÓN/ESCURRIMIENTO DE N DE SUELOS GESTIONADOS EN REGIONES
DONDE SE PRODUCEN ESTOS FENÓMENOS (NIVEL 1)

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} \cdot EF_5$$

Donde:

N₂O_(L)-N = cantidad anual de N₂O-N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos, kg N₂O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹ (de la Ecuación 11.5)

F_{CR} = cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devuelta a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{SOM} = cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo, como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹ (de la Ecuación 11.8)

$Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}$ = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N (kg de agregados de N)⁻¹ (Cuadro 11.3)

EF_5 = factor de emisión para emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento de N, kg N₂O-N (kg N por lixiviación y escurrido)⁻¹ (Cuadro 11.3)

Nota: Si un país tiene la capacidad de estimar la cantidad de N mineralizado a partir de suelos orgánicos, debe incluir esa cantidad como aporte adicional en la Ecuación 11.10.

La conversión de emisiones de N₂O_(L)-N en emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O_{(L)} = N_2O_{(L)-N} \cdot 44/28$$

Nivel 2

Si un país dado dispone de factores de emisión, volatilización o lixiviación más detallados que los que se presentan en la Ecuación 11.3, puede llevarse a cabo una mayor desagregación de los términos de la ecuación. Por ejemplo, si se dispone de los factores de volatilización específicos para la aplicación de fertilizantes sintéticos (F_{SN}) en diferentes condiciones i , la Ecuación 11.9 se ampliaría para convertirse en ¹⁸:

ECUACIÓN 11.11
N₂O PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS
(NIVEL 2)

$$N_2O_{(ATD)-N} = \left\{ \sum_i (F_{SN_i} \cdot Frac_{GASF_i}) + [(F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM}] \right\} \cdot EF_4$$

Donde:

$N_2O_{(ATD)-N}$ = cantidad anual de N₂O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicada a los suelos en diferentes condiciones i , kg N año⁻¹

$Frac_{GASF_i}$ = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x en diferentes condiciones i , kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹

$Frac_{GASM}$ = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

EF_4 = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N₂O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N-N₂O (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹] (Cuadro 11.3)

Nota: Si un país tiene la capacidad de estimar la cantidad de N mineralizado a partir del drenaje o de la gestión de suelos orgánicos, debe incluir esa cantidad como uno de los aportes de N en la modificación de Nivel 2 de la Ecuación 11.10.

La conversión de emisiones de N₂O_(ATD)-N en emisiones de N₂O_(ATD) a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)-N} \cdot 44/28$$

¹⁸ Por ejemplo, si se dispone de los factores de volatilización para la aplicación de fertilizantes sintéticos (F_{SN}) bajo diferentes condiciones i , la Ecuación 11.9 se ampliaría para convertirse en 18: La eventual forma de la Ecuación 11.11 depende de la disponibilidad de fracciones de subdivisión y/o de factores de emisión de usos de la tierra y/o condiciones específicas de subdivisión, así como del grado en el cual un país puede desagregar sus datos de la actividad.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 son métodos de modelización o de medición. Los modelos son útiles porque permiten relacionar las variables responsables de las emisiones con el tamaño de esas emisiones. Entonces, estas relaciones pueden utilizarse para predecir emisiones de países enteros o regiones para los cuales las mediciones experimentales resultan impracticables. Para mayor información, véase el Capítulo 2, Sección 21.5, donde se proporciona orientación que brinda una base científica sólida para el desarrollo de un sistema de contabilidad de Nivel 3 basado en modelos.

11.2.2.2 ELECCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN, VOLATILIZACIÓN Y LIXIVIACIÓN

El método para estimar las emisiones indirectas de N₂O incluye dos factores de emisión: uno relacionado con N volatilizado y re-depositado (EF₄) y otro relacionado con el N que se pierde por lixiviación/escorrimento (EF₅). Asimismo, el método requiere valores para las fracciones de N que se pierden por volatilización (Frac_{GASF} and Frac_{GASM}) o lixiviación/escorrimento (Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}). Los valores por defecto de todos estos factores se presentan en el Cuadro 11.3.

Nótese que en el método de Nivel 1, para regiones húmedas o en regiones de tierras secas, donde se emplea irrigación (que no es por goteo), el Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} por defecto es 0,30. Para regiones de tierras secas, donde las precipitaciones son menores que la evapotranspiración durante la mayor parte del año y es poco factible que se produzca lixiviación, el Frac_{LIXIVIACIÓN} es cero. El método para calcular si debe aplicarse el Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} = 0,30 se proporciona en el Cuadro 11.3.

Los valores específicos del país para EF₄ deben utilizarse con mucha precaución dada la especial complejidad del transporte atmosférico transfronterizo. Aunque los compiladores del inventario pueden contar con mediciones específicas de la deposición de N y del respectivo flujo de N₂O, en muchos casos el N depositado puede no haberse originado en el país. De manera similar, parte del N que se volatiliza en el país puede que sea transportado y depositado en otro país, donde puede que prevalezcan condiciones diferentes que afecten la fracción emitida como N₂O. Por estas razones, el valor de EF₄ es muy difícil de determinar y el método que se presenta en el Volumen 1, Capítulo 7, Sección 7.3 le atribuye todas las emisiones indirectas de N₂O producidas por aportes a los suelos gestionados al país de origen del NO_x y NH₃ atmosféricos y no al país al que puede haber sido transportado el N atmosférico.

11.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

A fin de estimar las emisiones indirectas de N₂O de los diferentes agregados de N a los suelos gestionados, es necesario estimar los parámetros F_{SN}, F_{ON}, F_{PRP}, F_{CR} y F_{SOM}.

Fertilizante sintético aplicado (F_{SN})

El término F_{SN} se refiere a la cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{SN}.

Fertilizantes de N orgánico aplicados (F_{ON})

El término F_{ON} se refiere a la cantidad de fertilizantes de N orgánico que se aplica internacionalmente a los suelos. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{ON}.

Orina y estiércol de animales de pastoreo (F_{PRP})

El término F_{PRP} se refiere a la cantidad de N depositado en el suelo por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{PRP}.

N de residuos agrícolas, incluyendo el N de cultivos fijadores de N y renovación de forraje/pasturas, devuelto a los suelos (F_{CR})

El término F_{CR} se refiere a la cantidad de N contenida en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo cultivos fijadores de N, que se devuelve a los suelos anualmente. También incluye el N de forrajes fijadores y no fijadores de N que se mineraliza durante la renovación del forraje o las pasturas. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{CR}.

N mineralizado resultante de la pérdida de existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales (F_{SOM})

El término F_{SOM} se refiere a la cantidad de N mineralizado de la pérdida de C orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{SOM}.

CUADRO 11.3		
FACTORES DE EMISIÓN, VOLATILIZACIÓN Y LIXIVIACIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O DEL SUELO		
Factor	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
EF ₄ [volatilización y re-deposición de N], kg N ₂ O–N (kg NH ₃ –N + NO _x –N volatilizado) ¹⁹	0,010	0,002 - 0,05
EF ₅ [lixiviación/escorrimento], kg N ₂ O–N (kg N lixiviación/escorrimento) ²⁰	0,0075	0,0005 - 0,025
Frac _{GASF} [Volatilización de fertilizante sintético], (kg NH ₃ –N + NO _x –N) (kg N aplicado) ⁻¹	0,10	0,03 - 0,3
Frac _{GASM} [Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo], (kg NH ₃ –N + NO _x –N) (kg N aplicado o depositado) ⁻¹	0,20	0,05 - 0,5
Frac _{LIXIVIACIÓN-(H)} [pérdidas de N por lixiviación/escorrimento en regiones donde Σ(luvia en la estación lluviosa) - Σ (EP en el mismo período) > capacidad de retención del agua del suelo, O donde se emplea irrigación (excepto por goteo)], kg N (kg N agregado o por deposición de animales en pastoreo) ⁻¹	0,30	0,1 - 0,8
<p>Nota: El término Frac_{LIXIVIACIÓN} usado precedentemente se ha modificado de manera que, ahora, sólo se aplique a regiones donde se excede la capacidad de retención de agua del suelo debido a precipitaciones y/o a irrigación (excepto por goteo), y a lixiviación/escorrimento, cambiándose su designación a Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}. En la referida definición de Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}, EP significa evaporación potencial, y la(s) estación(es) lluviosa(s) pueden considerarse como aquellas en las que las precipitaciones > 0,5 * evaporación en tina. (Las explicaciones de evaporación potencial y en tina pueden encontrarse en textos estándar de meteorología y agricultura). Para las demás regiones el valor por defecto de Frac_{LIXIVIACIÓN} se considera cero.</p>		

11.2.2.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las incertidumbres en las estimaciones de emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados están provocadas por incertidumbres relacionadas con la variabilidad natural y con los factores de emisión volatilización y lixiviación (véase el Cuadro 11.3 para conocer rangos de incertidumbre), los datos de la actividad, y la falta de mediciones. Se incorporará más incertidumbre en un inventario cuando se usen valores de estos factores que no sean representativos de todas las condiciones del país. En general, la fiabilidad de los datos de la actividad será mayor que la de los factores de emisión,

¹⁹ El rango de incertidumbre se ha ampliado, vistos los resultados que demuestran que las emisiones de ciertos ambientes, particularmente de bosques deciduos que reciben altas tasas de deposición de N de la atmósfera, son sustancialmente más altas que las declaradas previamente (p. ej., Butterbach-Bahl *et al.*, 1997; Brumme *et al.*, 1999; Denier van der Gon y Bleeker, 2005)., mientras que también hay pruebas claras de que los EF pueden ser muy bajos (<< 0.01) en ambientes con baja deposición (p. ej., Corre *et al.*, 1999). Se ha mantenido el valor medio de 0,01 porque coincide con el FE revisado para emisión directa de tierras gestionadas (véase el Cuadro 11.1 precedente) y se reconoce que, de hecho, en muchos países, una fracción sustancial de las emisiones directas se origina en tierras gestionadas.

²⁰ El valor total del factor de emisión para N lixiviado (EF₅) se ha cambiado de 0,025 a 0,0075 kg N₂O–N/kg N lixiviado/ en aguas de escorrimento. Este factor de emisión incluye tres componentes: EF_{5g}, EF_{5r} y EF_{5e}, que son los factores de emisión para aguas subterráneas y de drenaje superficial, ríos y estuarios, respectivamente. Resultados obtenidos recientemente señalan que el factor de emisión utilizado previamente para aguas subterráneas y drenaje superficial (0,015) era demasiado alto y debía reducirse a 0,0025 kg N₂O–N/kg N mineral (principalmente nitrato) lixiviado (Hiscock *et al.*, 2002, 2003; Reay *et al.*, 2004, 2005; Sawamoto *et al.*, 2005). El factor de emisión para ríos también se ha reducido de 0,0075 kg N₂O–N/kg N al mismo valor, 0,0025 kg N₂O–N/kg N en el agua. Esto se ha hecho reconociendo que, aunque, por ejemplo, Dong *et al.*, (2004) y Clough *et al.*, (2006), han declarado valores medios aun menores (del orden de 0,0003 a 0,0005) en cuanto a sistemas fluviales relativamente cortos, sigue existiendo la posibilidad de que, en sistemas fluviales más largos, se den valores más altos que los obtenidos por estos autores. El valor para estuarios se mantiene en 0,0025 kg N₂O–N/kg N.

volatilización y lixiviación. Como sucede con las emisiones directas, puede provocarse mayor incertidumbre si falta información sobre la observancia de las leyes y reglamentaciones relacionadas con el manejo y la aplicación de fertilizantes y estiércol, y con los cambios en las prácticas de gestión agrícola. Por lo general, resulta difícil obtener información sobre la real observancia de las leyes y sobre las posibles reducciones de la emisión logradas, así como sobre las prácticas agrícolas. No obstante, es factible que las incertidumbres de los factores de emisión sean las dominantes y en las tabulaciones presentadas precedentemente se indican los rangos de incertidumbre. Para obtener orientación más detallada sobre la evaluación de la incertidumbre véase el Volumen 1, Capítulo 3.

11.2.3 Exhaustividad, series temporales, GC/CC

EXHAUSTIVIDAD

Una cobertura completa de las emisiones directas e indirectas de N₂O de los suelos gestionados requiere la estimación de emisiones de todos los aportes y las actividades antropogénicos (F_{SN} , F_{ON} , F_{CR} , F_{PRP} , F_{SOM} and F_{OS}), si se producen. La experiencia ha demostrado que es factible que ninguna de estas subcategorías falte en los inventarios, aunque los países pueden tener dificultades para obtener estadísticas exactas de todas las subcategorías, particularmente en cuanto a los residuos agrícolas (por tipo de cultivo) que habitualmente se devuelven a los suelos, y a la superficie de suelos orgánicos drenada/gestionada.

Actualmente, el método del IPCC no se ocupa explícitamente de actividades como el uso de cubiertas de plástico o sistemas de invernaderos hidropónicos que pueden repercutir sobre las emisiones de N₂O. Estas actividades adicionales pueden tenerse en cuenta si corresponde y si se recaban datos nacionales de estas actividades. Algunas de estas actividades pueden incluirse fácilmente en los inventarios nacionales sobre la base de la información disponible. En cuanto a los fertilizantes orgánicos comerciales y no comerciales adicionales, puede utilizarse el factor de emisión por defecto para N aplicado. Se va a requerir una investigación adicional para desarrollar los datos de flujo necesarios para desarrollar los factores de emisión a utilizar respecto al uso de cubiertas de plástico y sistemas hidropónicos en zonas hortícolas.

DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Lo ideal es que se emplee el mismo método para la totalidad de la serie temporal. Sin embargo, es factible que el grado de detalle y de desagregación de las estimaciones de emisiones de esta categoría de fuente mejore a través del tiempo. En los casos en los que falte parte de la información histórica, puede resultar necesario derivar datos empleando otras referencias o conjuntos de datos. Por ejemplo, puede ser necesario derivar los datos de superficies de suelos orgánicos drenados/gestionados mediante interpolación a partir de series temporales más prolongadas sobre la base de tendencias de largo plazo (p. ej., estadísticas por décadas durante un período de 20 o 30 años). Las estimaciones de las cantidades de residuos agrícolas incorporadas anualmente también pueden requerir que se las derive sobre la base del dictamen de expertos.

No es de esperar que se produzcan cambios interanuales en $Frac_{GASF}$, $Frac_{GASM}$, $Frac_{LIXIVIACIÓN}$, EF_4 y EF_5 , a menos que se tomen medidas de mitigación. Estos factores sólo deben cambiarse si se cuenta con la justificación y la documentación apropiadas. Si, a través de futuros trabajos de investigación, se pasa a disponer de valores por defecto actualizados para cualquiera de estas variables, los organismos a cargo del inventario pueden recalcular sus emisiones históricas.

Es importante que los métodos utilizados reflejen los resultados de las medidas tomadas para reducir las emisiones, y que se documenten los métodos y los resultados minuciosamente. Si se aplican medidas tácticas de manera que los datos de la actividad se vean afectados directamente (p. ej., mayor eficiencia en el uso de fertilizantes que produzcan una reducción en su consumo), el efecto de esas medidas sobre las emisiones será transparente, suponiendo que los datos de la actividad se documentan cuidadosamente. En los casos en los que las medidas tácticas tengan un efecto indirecto sobre los datos de la actividad o los factores de emisión (p. ej., un cambio en las prácticas de alimentación de la población animal para mejorar la productividad animal que traiga aparejado un cambio en la excreción de N por cabeza), los datos aportados al inventario deben reflejar estos efectos. El texto del inventario debe explicar minuciosamente el efecto de las tácticas sobre los datos aportados.

GARANTÍA DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD (GC/CC) DEL INVENTARIO

Las personas a cargo del inventario deben realizar verificaciones de Nivel 1 de las estimaciones de emisión, seguidas de la revisión experta de personas ajenas al proceso de preparación del inventario. También pueden ser de aplicación verificaciones de control de calidad y procedimientos de garantía de calidad de Nivel 2, en particular si, para determinar las emisiones directas e indirectas de N₂O de esta categoría fuente, se utilizan métodos de niveles superiores. La GC y el CC en general relacionados con el procesamiento de datos, su manejo y la declaración deben complementarse con los procedimientos de categorías específicas de fuente que se analizan a continuación. Las personas que recaban los datos son las responsables de revisar los métodos de recolección de datos, de verificar los datos para asegurarse de que se los recoge y se los agrega o desagrega correctamente, y de realizar una verificación cruzada de los datos con los de años anteriores para garantizar que los datos sean razonables. Las bases para las estimaciones, ya sean sondeos estadísticos o

«estimaciones de escritorio», deben revisarse y describirse como parte del proceso de CC. La documentación es un componente crucial del proceso del proceso de revisión, ya que permite a los revisores identificar errores y sugerir mejoras.

Revisión de los factores de emisión

El compilador del inventario debe revisar los factores de emisión por defecto y documentar las razones por las cuales se seleccionan valores específicos.

Si se utilizan factores de emisión específicos del país, el compilador del inventario debe compararlos con los factores de emisión por defecto del IPCC. Además, si hay acceso a ellos, comparar los factores de emisión específicos del país con los usados por otros países en circunstancias similares. Debe explicarse y documentarse toda diferencia entre los factores específicos del país y los factores por defecto o los de otro país.

Revisión de eventuales mediciones directas

Si se emplean factores basados en mediciones directas, el compilador del inventario debe revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales y de gestión del suelo, y de la variabilidad climática interanual, y que se desarrollaron sobre la base de normas reconocidas (IAEA, 1992).

También debe revisarse el protocolo de GC/CC que se aplica en los sitios y las estimaciones resultantes deben compararse entre sitios y con estimaciones basadas en datos por defecto.

Verificación de los datos de la actividad

El compilador del inventario debe comparar los datos específicos del país sobre consumo de fertilizantes sintéticos con los datos de uso de fertilizantes de la IFA y con las estimaciones del consumo de fertilizantes sintéticos de la FAO.

Debe garantizar que los datos de excreción de N sean coherentes con los empleados para la categoría de fuente de sistemas de gestión del estiércol.

Las estadísticas nacionales de producción agrícola deben compararse con las de la FAO.

El compilador debe garantizar que se han completado los procesos de GC/CC para la caracterización del ganado, dado que los datos se comparten con la sección ganado.

Los valores específicos del país para diversos parámetros deben compararse con los valores por defecto del IPCC y debe explicarse toda diferencia significativa.

Revisión externa

El compilador del inventario debe llevar a cabo una revisión por expertos (pares) cuando adopte o revise el método por primera vez. Dada la complejidad y la exclusividad de los parámetros empleados para calcular los factores específicos de un país para estas categorías, deben participar en esas revisiones especialistas en la materia.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Emisiones directas e indirectas de N₂O

Documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones nacionales. Las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos gestionados se declaran en forma agregada o desagregados por categoría de uso del suelo u otras subcategorías (p. ej., arrozales) bajo la categoría «AFOLU» del IPCC. La declaración debe realizarse con el mismo nivel de desagregación que se utilizara cuando se calcularon las emisiones. Además de completar los formatos de la declaración, se requiere la siguiente información adicional para documentar la estimación:

Datos de la actividad: las fuentes de todos los datos de la actividad usados en los cálculos (p. ej., citas completas de las bases de datos estadísticos de las que se recabaron los datos) y en los casos en que los datos de la actividad no estuvieran disponibles directamente de las bases de datos, la información y las hipótesis que se usaron para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y estimación de datos, y estimaciones de exactitud y precisión.

Factores de emisión: las fuentes de los factores de emisión que se utilizaron (valores específicos por defecto del IPCC u otros). En los inventarios en los que se emplearon factores de emisión específicos del país o de la región, o en los que se aplicaron métodos nuevos (que no sean los métodos por defecto del IPCC), se deben describir y documentar en su totalidad las bases científicas de tales factores de emisión y métodos. Esto incluye definir los parámetros de ingreso y describir el proceso mediante el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y las magnitudes de las incertidumbres.

Resultados de las emisiones: debe explicarse toda fluctuación significativa de las emisiones entre años. Debe hacerse una distinción entre los cambios en los niveles de actividad y los cambios en los factores de emisión, volatilización y lixiviación de año a año, y se documentarán las razones de tales cambios. Si se emplean diferentes factores para los distintos años, se explicarán y se documentarán las razones de tal proceder.

11.3 EMISIONES DE CO₂ POR ENCALADO

El encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos en sistemas gestionados, en particular en tierras agrícolas y bosques gestionados. El agregado de carbonatos a los suelos, en forma de cal (p. ej., piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg(CO₃)₂) conduce a emisiones de CO₂, ya que las cales se disuelven y liberan bicarbonato (2HCO₃⁻), que se convierte en CO₂ y agua (H₂O).

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. Es una *buen práctica* que los países utilicen niveles superiores si las emisiones de CO₂ por encalado constituyen una categoría de fuente principal.

11.3.1 Elección del método

En la Figura 11.4 se suministra un árbol de decisiones para ayudar a los compiladores del inventario con la selección del nivel adecuado.

Nivel 1

Las emisiones de CO₂ por el agregado de cal a los suelos pueden estimarse aplicando la Ecuación 11.12:

<p>ECUACIÓN 11.12 EMISIONES ANUALES DE CO₂ POR APLICACIÓN DE CAL <i>Emisión CO₂-C = (M_{Caliza} • EF_{Caliza}) + (M_{Dolomita} • EF_{Dolomita})</i></p>

Donde:

Emisión de CO₂-C = emisiones anuales de C por aplicación de cal, ton C año⁻¹

M = cantidad anual de piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg(CO₃)₂), ton año⁻¹

FE = factor de emisión, ton de C (ton de piedra caliza o dolomita)⁻¹

Pasos del procedimiento para efectuar los cálculos

Los pasos para estimar las emisiones de CO₂-C por encalado son:

Paso 1: estimar la cantidad total (M) de carbonato con contenido de cal que se aplica anualmente a los suelos en el país, diferenciando entre piedra caliza y dolomita (Nota: M debe incluir toda la cal aplicada a los suelos, incluso la proporción aplicada en mezclas con fertilizantes). Nótese que, aunque la cal constituya el material de encalado dominante utilizado en sistemas gestionados, hay óxidos (p. ej., CaO) e hidróxidos de cal que se emplean de manera limitada para encalado de suelos. Estos materiales no contienen carbono inorgánico y no se incluyen en los cálculos para estimar las emisiones de CO₂ por aplicación a suelos (se produce CO₂ en su fabricación, pero no después de su aplicación en los suelos).

Paso 2: aplicar un factor de emisión (FE) en general de 0,12 para piedra caliza y de 0,13 para dolomita. Éstos equivalen a los contenidos de carbono de los carbonatos de los materiales (12% para CaCO₃, 13% para CaMg(CO₃)₂)). La incertidumbre es de -50% en base a aproximaciones que sugieren que las emisiones pueden significar menos de la mitad del valor máximo, que es el actual valor del factor (West y McBride, 2005) (Nota: las incertidumbres no pueden superar los factores de emisión porque estos valores representan las emisiones máximas absolutas asociadas al encalado).

Paso 3: multiplicar las cantidades totales de piedra caliza y dolomita por sus respectivos factores de emisión, y sumar ambos valores para obtener la emisión total de CO₂-C.

Multiplicar por 44/12 para convertir las emisiones de CO₂-C en CO₂.

Nivel 2

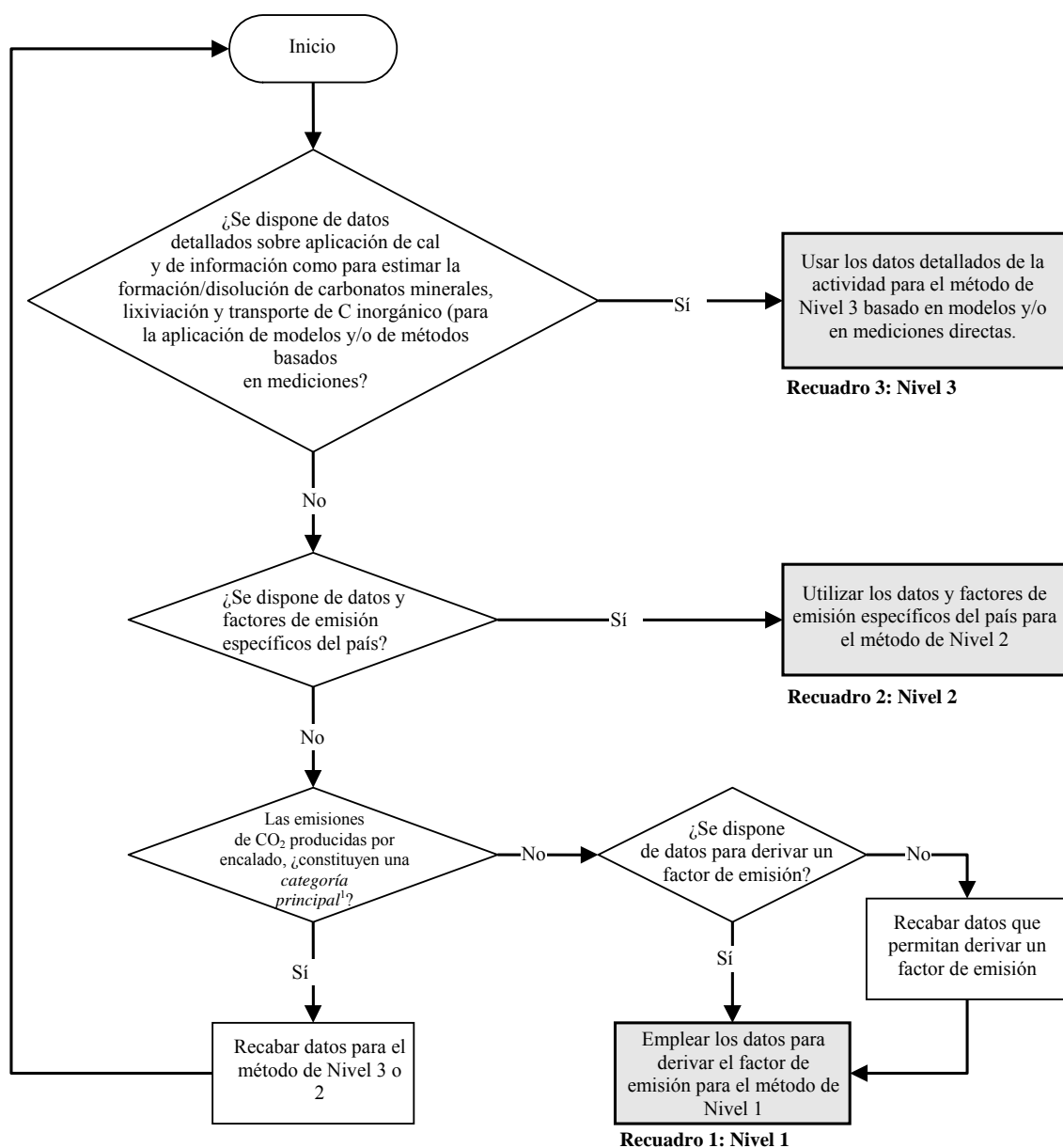
Para los inventarios de Nivel 2 se usan también la Ecuación 11.12 y los pasos de procedimiento que se suministraron en el método de Nivel 1, aunque se incorporan datos específicos del país para derivar los factores de emisión (FE).

En general, es de esperar que las emisiones de CO₂ del encalado sean menores que si se usa el enfoque de Nivel 1, lo que supone que todo el C de la cal aplicada se emite como CO₂ en el año de aplicación. Sin embargo, es factible que las emisiones sean menos que las supuestas empleando el método de Nivel 1 porque la cantidad de CO₂ emitida después del encalado depende de influencias específicas del sitio y del transporte de C inorgánico disuelto a través de ríos y lagos al océano. Podrían usarse factores de emisión de Nivel 2 para lograr una mejor aproximación a las emisiones.

Nivel 3

En los métodos de Nivel 3 se emplean modelos o procedimientos de medición más sofisticados y los pasos del procedimiento dependen del sistema de estimación específico del país. Es factible que ese análisis requiera la modelización de flujos de carbono relacionados con la formación y disolución minerales primarias y secundarias del carbonato en los suelos, así como con la lixiviación y el transporte de C inorgánico disuelto. Nótese que los incrementos en C inorgánico del suelo o disuelto que se atribuyen al encalado no constituyen una remoción neta de CO₂ de la atmósfera. Más bien, el C de carbonato del encalado que no se devuelve a la atmósfera se considera una reducción neta de las emisiones relacionadas con esta práctica. Véase la sección de Nivel 3 referida a C inorgánico del suelo del Capítulo 2 para un análisis adicional (Sección 2.3.3.1 sobre Cambio en las existencias de C en el suelo).

Figura 11.4 **Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO₂ del encalado.**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

11.3.2 Elección de los factores de emisión

Nivel 1

Los factores de emisión (FE) por defecto son 0,12 para la piedra caliza y 0,13 para la dolomita.

Nivel 2

Derivar los factores de emisión empleando datos específicos del país podría implicar una diferenciación de fuentes con diversas composiciones de cal; los diferentes materiales carbonatados para encalado (piedra caliza y otras fuentes, tales como marga y conchales) pueden tener cierta variación en su contenido de C y en su pureza en general. Cada material tendría un factor de emisión específico basado en su contenido de C.

En los factores de emisión específicos del país también podría tenerse en cuenta la proporción de C de carbonato del encalado que se emite a la atmósfera como CO₂ (p. ej., West y McBride, 2005). El C inorgánico disuelto de los suelos puede formar minerales secundarios y precipitarse con el Ca o el Mg que se agrega durante el encalado. Más aun, puede que el Ca y el Mg transporten al C inorgánico disuelto (bicarbonato) a través del suelo a las aguas subterráneas profundas, a lagos y, finalmente, al océano (Robertson y Grace, 2004). En cualquier caso, la emisión neta de CO₂ a la atmósfera es menor que la cantidad original de C agregada como cal. Los factores de emisión específicos del país pueden derivarse si hay suficientes datos y si se comprenden cuáles son las transformaciones del carbono inorgánico, además de conocerse el transporte acuoso de Ca, Mg y C inorgánico. Es una *buena práctica* documentar la fuente de información y el método utilizado para derivar valores específicos del país en el proceso de la declaración.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se basan en la estimación de las emisiones variables año tras año, lo que depende de una diversidad de características específicas del sitio y de factores ambientales. No hay factores de emisión que se estimen directamente.

11.3.3 Elección de los datos de la actividad

Nivel 1

Lo óptimo sería que se dispusiera de estadísticas de uso de cal en el país para determinar la cantidad que se aplica anualmente a los suelos (M). Estos datos suministran la inferencia más directa sobre la aplicación. Alternativamente, pueden usarse los datos de las ventas anuales de cal para inferir la cantidad que se aplica a los suelos, bajo la hipótesis de que toda la cal que se vende a los agricultores, criadores, silvicultores, etc. se aplica durante ese año. También es posible obtener un valor aproximado de la aplicación de cal sobre la base de la disponibilidad de cal por año. La disponibilidad se calcula sobre la base del nuevo suministro para ese año (registros anuales de minería local y de importaciones), restándole las exportaciones y lo usado en procesos industriales. En este último método, se supone que toda la cal disponible se aplica en el año de que se trata.

Las estadísticas de uso pueden recabarse como parte de censos nacionales o de registros comerciales, mientras que los bancos y la industria de la cal deberían tener información sobre ventas y producción nacional. Habitualmente, las autoridades aduaneras u organizaciones gubernamentales similares llevan los registros de importación y exportación. Es una *buena práctica* promediar los datos registrados durante un período de tres años (el actual y los dos anteriores más recientes) si es que las emisiones no se calculan anualmente a los efectos de la declaración.

Nivel 2

Además de los datos de la actividad que se describen para el Nivel 1, en el Nivel 2 puede incorporarse información sobre la pureza de las cales, así como características del nivel del sitio e hidrológicas para estimar la proporción de C de carbonato de las aplicaciones de cal que se emite a la atmósfera.

Nivel 3

En inventarios de Nivel 3 basados en modelos y/o en mediciones directas, es factible que se necesiten datos de la actividad más detallados, en comparación con los métodos de Niveles 1 o 2, pero los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

11.3.4 Evaluación de incertidumbre

Existen dos fuentes de incertidumbre en cuanto a las emisiones de CO₂ del encalado: 1) incertidumbres sobre la cantidad de cal aplicada a los suelos; y 2) incertidumbres en cuanto a la cantidad neta de C de carbonato de aplicaciones de encalado que se emite como CO₂. Las incertidumbres en los datos de la actividad dependen de la exactitud de las estadísticas de aplicación, de las ventas, de los registros de importaciones y exportaciones, de los registros de minería, y/o de los datos del uso. Estos últimos son los que tienen la menor incertidumbre porque los registros de ventas, importación/exportación y minería tienen incertidumbres adicionales debidas a la inferencia no directa respecto a la aplicación. Los compiladores del inventario pueden emplear un método conservador y suponer que toda la cal

disponible para aplicación o toda la cal que se compra se aplica a los suelos. Este método puede significar una sobreestimación o una subestimación de las emisiones en ciertos años, si la cantidad de cal disponible o comprada no se aplica durante un año en particular. En el largo plazo, este sesgo puede ser insignificante, no obstante, suponiendo que no hay almacenamiento de cal de largo plazo. Como alternativa, los compiladores del inventario pueden tener en cuenta las incertidumbres tanto de la cantidad de cal disponible para aplicación como de la cantidad que se aplica en un año de inventario en particular.

Las incertidumbres en cuanto a la cantidad del C agregada a los suelos por encalado que se emite como CO₂ dependen del Nivel. Empleando un método de Nivel 1, se supone que todo el C de la cal se emite como CO₂ a la atmósfera. Éste es un enfoque conservador y los factores de emisión por defecto se consideran valederos dada esta hipótesis. No obstante, en la práctica, es factible que parte del C de la cal quede retenida en el suelo como C inorgánico y no se emita como CO₂, por lo menos durante el año de la aplicación. En consecuencia, los factores de emisión por defecto pueden conducir a sesgos sistemáticos en las estimaciones de emisiones.

Por lo tanto, es una *buena práctica* desarrollar factores de emisión específicos del país o enfoques de estimación avanzados mediante métodos de Niveles 2 o 3, particularmente si el encalado es una fuente principal. Aunque es factible que los métodos de niveles superiores limiten el sesgo, puede haber incertidumbres adicionales relacionadas con estos métodos de las que habrá que ocuparse. Esas incertidumbres pueden surgir de datos insuficientes sobre las características, la hidrología y otras variables ambientales del sitio, lo que influye sobre el transporte y la conversión de C inorgánico en CO₂. También puede haber incertidumbres debidas a un conocimiento insuficiente sobre los procesos y/o la representatividad de los factores de emisión o de los sistemas avanzados de estimación en lo referido al destino del C agregado a los suelos en las cales.

11.3.5 Exhaustividad, series temporales, GC/CC

EXHAUSTIVIDAD

Nivel 1

Los inventarios de Nivel 1 están completos si las emisiones se calculan sobre la base de una total contabilización de toda la piedra caliza y la dolomita aplicadas a los suelos. Las estadísticas sobre uso de cal proveen la inferencia más directa sobre aplicaciones a los suelos. Sin embargo, los registros de ventas o los datos de minería combinados con los registros de importación/exportación y de procesamiento industrial suministran suficiente información para aproximar la cantidad de cal aplicada a los suelos. Si los datos actuales no son suficientes debido a registros incompletos, es una *buena práctica* recabar información adicional para futuras declaraciones de inventario, en particular si las emisiones de C por encalado constituyen una categoría principal.

Nivel 2

La exhaustividad de los inventarios de Nivel 2 depende de lo adecuado de los datos de la actividad (véase el Nivel 1), aunque también depende de los datos adicionales específicos del país que se utilicen para perfeccionar los factores de emisión. Esto puede incluir la disponibilidad de datos sobre la pureza de la cal y/o de los datos sobre nivel del sitio e hidrología, a fin de especificar mejor los factores de emisión relacionados con la cantidad de CO₂ que se libera por cantidad de C agregada a los suelos en forma de cal.

Nivel 3

Más allá de toda consideración respecto a los Niveles 1 y 2, la exhaustividad de los inventarios de Nivel 3 depende también de las necesidades de información y de la representatividad del diseño de medición y/o de los marcos de modelización. Los compiladores del inventario deben revisar su enfoque a fin de determinar si el sistema avanzado de estimación es el apropiado para evaluar la liberación neta de CO₂ de la cal aplicada a los suelos. Si se identifican brechas o limitaciones, es una *buena práctica* recabar datos adicionales de manera que, en el método de Nivel 3, se tenga en cuenta en su totalidad el destino de los carbonatos para encalado.

COHERENCIA DE LA SERIE TEMPORAL

Nivel 1

Deben aplicarse los mismos datos de la actividad y factores de emisión en toda la serie temporal en pro de la coherencia. En el Nivel 1, se usan factores de emisión por defecto, de manera que la coherencia no constituya un problema respecto a este componente. Sin embargo, la base de los datos de la actividad puede cambiar si se recaban nuevos datos, como sucede con un relevamiento estadístico con el que se compile información sobre aplicaciones en suelos a cambio de datos de la actividad más antiguos fundamentados estrictamente en registros de minería y de importación/exportación. Aunque es una *buena práctica* usar los mismos protocolos de datos y procedimientos durante toda la serie temporal, en algunos casos puede resultar imposible y los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de fuentes de datos sobre las tendencias. En el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación sobre cómo volver a hacer los cálculos en tales circunstancias.

Nivel 2

La coherencia de los registros de datos de la actividad durante la serie temporal es importante para los inventarios de Nivel 2 (véase el Nivel 1). Además, deben aplicarse también los nuevos factores que se desarrollan sobre la base de datos específicos del país durante toda la serie temporal. En casos raros en los que esto no es posible, los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de los factores de emisión sobre las tendencias; en el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación adicional sobre cómo volver a calcular bajo tales circunstancias.

Nivel 3

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

GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Nivel 1

Es una *buena práctica* aplicar Garantía de calidad/Controles de calidad con revisión interna e independiente de los datos y los resultados del inventario, garantizando: 1) que los datos de la actividad se han procesado adecuadamente para estimar la aplicación a los suelos; 2) que los datos de la actividad se han transcrito adecuadamente en las hojas de trabajo o en el *software* del inventario; y 3) que los factores de emisión se han asignado como corresponde.

El compilador del inventario debe realizar revisiones internas, que pueden incluir una inspección visual así como funciones de programas integrados para verificar el ingreso de datos y los resultados. Las revisiones independientes deben estar a cargo de otros organismos, expertos o grupos que no estén comprometidos directamente con la compilación. En estas revisiones deben considerarse la validez del método de inventario, la rigurosidad de la documentación del inventario, la explicación de los métodos y la transparencia en general.

Nivel 2

Además de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad indicadas bajo el Nivel 1, el compilador del inventario debe revisar los factores de emisión específicos del país para los inventarios de Nivel 2. Si se emplean factores basados en mediciones directas, el compilador debe revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales. Si hay acceso, es una *buena práctica* comparar los factores específicos del país con los factores de emisión del Nivel 2 usados por otros países con circunstancias similares, además de los valores por defecto del IPCC. Dada la complejidad de la transformación del C inorgánico, deben participar especialistas del sector en el proceso de revisión a fin de aportar una crítica independiente de los factores de emisión.

Nivel 3

Es factible que los sistemas de inventario específicos del país requieran medidas adicionales de Garantía de calidad/Control de calidad, pero esto dependerá de los sistemas que se desarrollen. Es una *buena práctica* desarrollar un protocolo de Garantía de calidad/Control de calidad específico para el sistema de avanzado de estimación del país, archivar los informes e incluir resultados resumidos en la documentación de la declaración.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Nivel 1

En el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las tendencias y las incertidumbres de las aplicaciones de cal a los suelos y relacionar esas pautas con las tendencias de emisión de CO₂. Debe explicarse toda fluctuación significativa en las emisiones anuales durante la serie temporal.

Es una *buena práctica* archivar las bases de datos reales, como registros de minería o estadísticas de uso de sondeos, y los procedimientos empleados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos). Las hojas de trabajo o el *software* del inventario que se usaron para estimar las emisiones deben archivararse junto con los archivos de entrada/salida que se hayan generado para producir los resultados.

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

Nivel 2

Además de las consideraciones para el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las bases que subyacen a los factores de emisión específicos del país y archivar las fuentes de metadata y de datos empleadas para estimar valores específicos del país. La documentación de declaración debe incluir los nuevos factores (es decir, medios e incertidumbres), y es una *buena práctica* incluir un análisis en la declaración de inventario respecto a las diferencias entre estos valores y los factores por defecto o específicos del país de regiones con circunstancias similares a las del país declarante.

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

Nivel 3

Los inventarios de Nivel 3 exigen documentación respecto a los datos de la actividad y las tendencias de emisiones/absorciones similar a la de los métodos de nivel inferior, aunque debe incluirse documentación adicional para explicar las bases y el marco subyacentes de los sistemas de estimación específicos del país. Con los inventarios basados en mediciones, es una *buena práctica* documentar el diseño de muestreo, los procedimientos de laboratorio y las técnicas de análisis de datos. Los datos de las mediciones deben archivar, así como los resultados de los análisis de datos. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en los que se utiliza modelización, es una *buena práctica* documentar la versión del modelo, proporcionar una descripción del modelo, así como archivar permanentemente copias de todos los archivos de ingreso al modelo, el código fuente y los programas ejecutables.

11.4 EMISIONES DE CO₂ DE FERTILIZACIÓN CON UREA

El agregado de urea a los suelos durante la fertilización conduce a una pérdida de CO₂ que se fija en el proceso de producción industrial. La urea (CO(NH₂)₂) se convierte en amonio (NH₄⁺), ión hidroxilo (OH⁻), y bicarbonato (HCO₃⁻) en presencia de agua y de enzimas de ureasa. De manera similar a la reacción del suelo cuando se le agrega cal, el bicarbonato que se forma se convierte en CO₂ y agua. Esta categoría de fuente se incluye porque la absorción de CO₂ de la atmósfera durante la fabricación de urea se estima en Sector de Procesos industriales y uso de productos (Sector IPPU).

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. Es una *buena práctica* que los países utilicen niveles superiores si las emisiones de CO₂ de la urea constituyen una categoría de fuente principal.

11.4.1 Elección del método

En la Figura 11.5 se suministra un árbol de decisiones para ayudar a los compiladores del inventario con la selección del nivel adecuado.

Nivel 1

Las emisiones de CO₂ por la fertilización con urea pueden estimarse mediante la Ecuación 11.13:

<p>ECUACIÓN 11.13</p> <p>EMISIONES ANUALES DE CO₂ POR APLICACIÓN DE UREA</p> $CO_2\text{-}C \text{ Emisión} = M \bullet EF$
--

Donde:

Emisión de CO₂-C = emisiones anuales de C por aplicación de urea, ton C año⁻¹

M = cantidad anual de fertilización con urea, ton urea año⁻¹

FE = factor de emisión, ton de C (ton de urea)⁻¹

Pasos del procedimiento para efectuar los cálculos

Los pasos para estimar las emisiones de CO₂-C por aplicaciones de urea son:

Paso 1: estimar la cantidad total de urea aplicada anualmente a un suelo del país (M).

Paso 2: aplicar un factor de emisión (FE) general de 0,20 para urea, que es equivalente al contenido de carbono de la urea sobre la base de su peso atómico (20% para CO(NH₂)₂). Puede aplicarse una incertidumbre de -50% (Nota: las incertidumbres no pueden superar los factores de emisión por defecto porque este valor representa las emisiones máximas absolutas asociadas a la fertilización con urea).

Paso 3: estimar la emisión total de CO₂-C sobre la base del producto entre la cantidad de urea aplicada y el factor de emisión.

Multiplicar por 44/12 para convertir las emisiones de CO₂-C en CO₂. A menudo, la urea se aplica combinada con otros fertilizantes nitrogenados, en particular en soluciones, y va a ser necesario estimar la proporción de urea contenida en la

solución de fertilizante para obtener M. Si se desconoce la proporción, se considera una *buena práctica* suponer que toda la solución es urea y no subestimar potencialmente las emisiones de esta subcategoría.

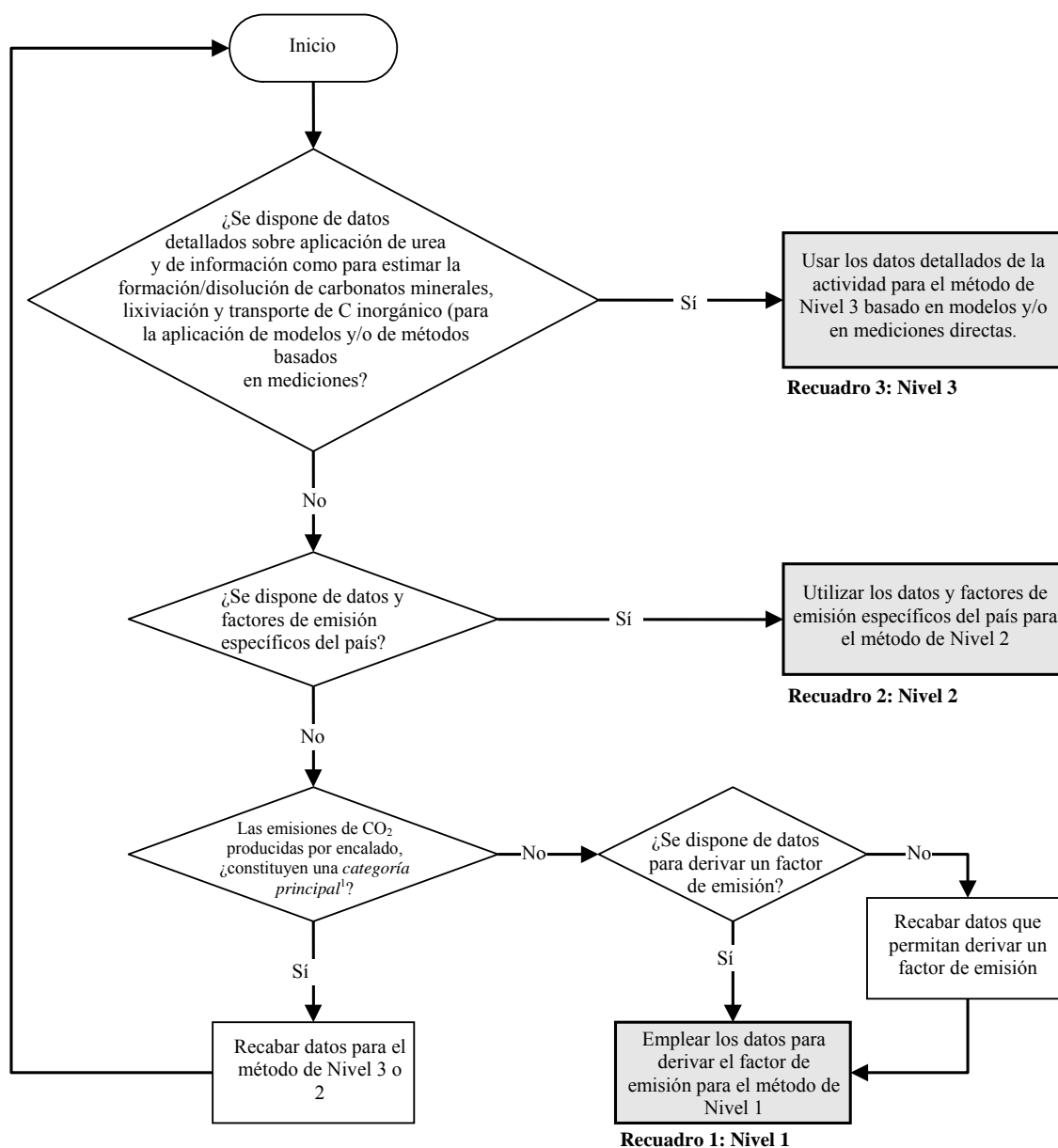
Nivel 2

Para los inventarios de Nivel 2 se usan también la Ecuación 11.13 y los pasos de procedimiento que se suministraron en el método de Nivel 1, aunque se incorpora información específica del país para estimar los factores de emisión.

Nivel 3

Las emisiones de CO₂ de la aplicación de urea podrían estimarse con modelos o mediciones más detallados que incorporen la posibilidad de la lixiviación de bicarbonato a las aguas subterráneas profundas y/o a lagos y océanos, que no contribuyen así a las emisiones de CO₂, al menos no inmediatamente. Nótese que los incrementos en el C inorgánico del suelo por fertilización con urea no representan una absorción neta de CO₂ de la atmósfera. La remoción se estima en el Sector IPPU (Volumen 3) y los cálculos para suelos sólo suministran estimaciones de la cantidad de emisiones relacionadas con esta práctica. Véase la sección de Nivel 3 referida a C inorgánico del suelo del Capítulo 2 para un análisis adicional (Sección 2.3.3 sobre Cambio en las existencias de C en el suelo).

Figura 11.5 **Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO₂ fertilización con urea.**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

11.4.2 Elección del factor de emisión

Nivel 1

El factor de emisión (FE) por defecto es de 0,20 para emisiones de carbono por aplicaciones de urea.

Nivel 2

Como sucede con la cal, todo el C de la urea no puede emitirse durante el año de la aplicación. Si se dispone de suficientes datos y se comprende cómo se produce la transformación del C inorgánico, podría derivarse un factor de emisión específico del país. Constituye una *buena práctica* documentar la fuente de información y el método utilizado para derivar valores específicos del país como parte del proceso de declaración.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se basan en la estimación de las emisiones variables año tras año, lo que depende de una diversidad de características específicas del sitio y de factores ambientales. No hay ningún factor de emisión que se estime directamente.

11.4.3 Elección de los datos de la actividad

Nivel 1

Los registros de producción nacional y los datos de importación/exportación de urea pueden utilizarse para obtener una estimación aproximada de la cantidad de urea aplicada a los suelos anualmente (M). Puede suponerse que todo el fertilizante de urea producido o importado anualmente, restándole las exportaciones anuales, se aplica a los suelos. Sin embargo, pueden usarse datos complementarios sobre ventas y/o uso de urea para perfeccionar el cálculo, en lugar de suponer que toda la urea disponible durante un año en particular se agrega inmediatamente a los suelos. Independientemente del método aplicado, las estimaciones de la aplicación anual de fertilizantes de urea deben ser coherentes con la relación entre la emisión de CO₂ de la urea y las emisiones de N₂O de los suelos.

Las estadísticas de uso pueden recabarse como parte de censos nacionales o a través de registros comerciales, mientras que los bancos y la industria de los fertilizantes deben tener información sobre ventas y producción nacional. Habitualmente, las autoridades aduaneras u organizaciones gubernamentales similares llevan los registros de importación y exportación. Es una *buena práctica* hallar el promedio de los datos registrados durante un período de tres años (el actual y los dos anteriores más recientes) si es que las emisiones no se calculan anualmente a los efectos de la declaración.

Nivel 2

Además de los datos de la actividad que se describen para el Nivel 1, en el Nivel 2 puede incorporarse información adicional sobre el nivel del sitio y las características hidrológicas que se emplearon para estimar la proporción de C de la urea que se emite a la atmósfera.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o un inventario basado en mediciones directas de Nivel 3, es factible que se necesiten datos de la actividad más detallados, en comparación con los métodos de Niveles 1 o 2, pero los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

11.4.4 Evaluación de incertidumbre

Existen dos fuentes de incertidumbre en cuanto a las emisiones de CO₂ de la urea: 1) incertidumbres sobre la cantidad de urea aplicada a los suelos; y 2) incertidumbres en cuanto a la cantidad neta de C de urea que se emite como CO₂. Las incertidumbres en los datos de la actividad dependen de la exactitud de los datos de producción, ventas, importación/exportación y/o uso. Es factible que los datos del uso y de ventas tengan la menor incertidumbre; los datos de importación/exportación y de producción tienen incertidumbres adicionales debidas a inferencias relativas a la aplicación. Los compiladores del inventario pueden emplear un método conservador y suponer que toda la urea disponible para aplicación o toda la cal que se compra se aplican a los suelos. Este método puede generar sobreestimaciones o subestimaciones en ciertos años si la cantidad total de urea disponible o comprada no se aplica durante un año en particular. En un plazo mayor, este sesgo puede ser insignificante, no obstante, suponiendo que no hay almacenamiento de urea de largo plazo. Como alternativa, los compiladores del inventario pueden tener en cuenta las incertidumbres tanto de la cantidad de urea disponible para aplicación como de la cantidad que se aplica en un año de inventario en particular.

Las incertidumbres en cuanto a la cantidad del C agregado a los suelos por fertilización con urea que se emite como CO₂ depende del Nivel. Empleando un método de Nivel 1, se supone que todo el C de la urea se pierde como CO₂ en la atmósfera. Éste es un enfoque conservador y los factores de emisión por defecto se consideran valederos (dada esta hipótesis). No obstante, en la práctica, puede que parte del C de la urea quede retenido en el suelo como C inorgánico y

no se emita como CO₂, por lo menos durante el año de la aplicación. En consecuencia, los factores de emisión por defecto pueden conducir a sesgos sistemáticos en las estimaciones de emisiones.

Por lo tanto, es una *buena práctica* desarrollar factores de emisión específicos del país o enfoques de estimación avanzados mediante métodos de Niveles 2 o 3, respectivamente, en particular si el C de la urea es una fuente principal. Aunque es factible que los métodos de niveles superiores limiten el sesgo, hay incertidumbres adicionales relacionadas con estos métodos de las que habrá que ocuparse. Esas incertidumbres pueden surgir de datos insuficientes sobre las características, la hidrología y otras variables ambientales del sitio, lo que influye sobre el transporte y la conversión de C inorgánico en CO₂. También puede haber incertidumbres debidas a un conocimiento insuficiente sobre los procesos y/o la representatividad de los factores de emisión o los sistemas de estimación específicos del país en lo referido al destino del C de la urea.

11.4.5 Exhaustividad, coherencia de las series temporales, GC/CC

EXHAUSTIVIDAD

Nivel 1

Los inventarios de Nivel 1 están completos si las emisiones se calculan sobre la base de una total contabilización de toda la urea aplicada a los suelos. Las estadísticas sobre el uso o las ventas de urea proporcionan la inferencia más directa sobre aplicaciones a los suelos, pero los registros de producción y de importación/exportación son suficientes para realizar una estimación aproximada de la cantidad de urea aplicada a los suelos. Si los datos actuales no son suficientes debido a registros incompletos, es una *buena práctica* recabar información adicional para futuras declaraciones de inventario, en particular si las emisiones de C de la urea constituyen una categoría principal.

Nivel 2

La exhaustividad de los inventarios de Nivel 2 depende también de lo adecuado de los datos de la actividad (véase el Nivel 1), aunque también va a depender de los datos adicionales específicos del país que se utilicen para perfeccionar los factores de emisión. Esto puede incluir la disponibilidad de datos sobre nivel del sitio e hidrología que se emplean para especificar mejor los factores de emisión relacionados con la cantidad de CO₂ que se libera por cantidad de C de la urea agregada a los suelos.

Nivel 3

Más allá de toda consideración respecto a los Niveles 1 y 2, la exhaustividad de los inventarios de Nivel 3 depende también de las necesidades de información y de la representatividad del diseño de medición y/o de los marcos de modelización. Los compiladores del inventario deben revisar su enfoque a fin de determinar si el sistema avanzado de estimación es el apropiado para determinar la liberación neta de CO₂ de urea aplicada a los suelos. Si se identifican brechas o limitaciones, es una *buena práctica* recabar datos adicionales de manera que, en el método de Nivel 3, se tenga en cuenta en su totalidad el destino del C de la urea.

COHERENCIA DE LA SERIE TEMPORAL

Nivel 1

Deben aplicarse los mismos datos de la actividad y factores de emisión en toda la serie temporal en pro de la coherencia. En el Nivel 1, se usan factores de emisión por defecto, de manera que la coherencia no constituya un problema respecto a este componente. Sin embargo, la base de los datos de la actividad puede cambiar si se recaban nuevos datos, como sucede con un relevamiento estadístico con el que se compile información sobre aplicaciones de urea en suelos a cambio de datos de la actividad más antiguos fundamentados estrictamente en registros nacionales de producción y en datos de importación/exportación. Aunque es una *buena práctica* usar los mismos protocolos de datos y procedimientos en toda la serie temporal, en algunos casos esto puede resultar imposible y los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de fuentes de datos sobre las tendencias. En el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación sobre cómo volver a hacer los cálculos en tales circunstancias.

Nivel 2

La coherencia de los registros de datos de la actividad durante la serie temporal es importante para los inventarios de Nivel 2 (véase el Nivel 1). Además, deben aplicarse los nuevos factores que se desarrollan sobre la base de datos específicos del país en toda la serie temporal. En casos raros en los que esto no es posible, los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de los factores de emisión sobre las tendencias; en el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación adicional sobre cómo volver a calcular bajo tales circunstancias.

Nivel 3

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

GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Nivel 1

Es una *buena práctica* aplicar Garantía de calidad/Controles de calidad con revisión interna e independiente de los datos y los resultados del inventario, garantizando: 1) que los datos de la actividad se han procesado adecuadamente para estimar la aplicación a los suelos, 2) que los datos de la actividad se han transcrito adecuadamente en las hojas de trabajo o en el *software* del inventario, y 3) que los factores de emisión se han asignado como corresponde.

El compilador del inventario debe realizar revisiones internas, que pueden incluir una inspección visual así como funciones de programas integrados para verificar el ingreso de datos y los resultados. Las revisiones independientes deben estar a cargo de otros organismos, expertos o grupos que no estén comprometidos directamente con la compilación. En estas revisiones deben considerarse la validez del método de inventario, la rigurosidad de la documentación del inventario, la explicación de los métodos y la transparencia en general.

Nivel 2

Además de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad indicadas bajo el Nivel 1, el compilador del inventario debe revisar los factores de emisión específicos del país para los inventarios de Nivel 2. Si se emplean factores basados en mediciones directas, el compilador del inventario debe revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales. Si hay acceso, es una *buena práctica* comparar los factores específicos del país con los factores de emisión del Nivel 2 usados por otros países con circunstancias similares, además de los valores por defecto del IPCC. Dada la complejidad de las transformaciones del C inorgánico, deben participar especialistas del sector en el proceso de revisión a fin de aportar una crítica independiente de los factores de emisión.

Nivel 3

Es factible que los sistemas de inventario específicos del país requieran medidas adicionales de Garantía de calidad/Control de calidad, pero esto dependerá de los sistemas que se desarrollen. Es una *buena práctica* desarrollar un protocolo de Garantía de calidad/Control de calidad específico para el sistema avanzado de estimación del país, archivar los informes e incluir resultados resumidos en la documentación de la declaración.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Nivel 1

En el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las tendencias y las incertidumbres de las aplicaciones de urea a los suelos y relacionar esas pautas con las tendencias de emisión de CO₂. Debe explicarse toda fluctuación significativa en las emisiones anuales durante la serie temporal.

Es una *buena práctica* archivar las bases de datos, como registros de producción nacional, importación/exportación o estadísticas de uso de sondeos, y los procedimientos empleados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos). Las hojas de trabajo o el *software* del inventario que se usaron para estimar las emisiones deben archivararse junto con archivos de entrada/salida que se hayan generado para producir los resultados.

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

Nivel 2

Además de las consideraciones para el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las bases que subyacen a los factores de emisión específicos del país y archivar las fuentes de metadata y de datos empleadas para estimar los valores específicos del país. La documentación de declaración debe incluir los nuevos factores (es decir, medios e incertidumbres), y es una *buena práctica* incluir un análisis en la declaración de inventario respecto a las diferencias entre los factores específicos del país y los valores por defecto de regiones con circunstancias similares a las del país declarante.

Cuando se analicen las tendencias de las emisiones y absorciones de un año a otro, debe hacerse una distinción entre los cambios de niveles de actividad y los cambios de los métodos, incluyendo los factores de emisión, y deben documentarse las razones de tales cambios.

Nivel 3

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

Anexo 11A.1 Referencias para los datos de residuos agrícolas del Cuadro 11.2

I. Fracción de materia seca del producto cosechado

Lander, C.H., Moffitt, D., and Alt, K. (1998). Nutrients available from livestock manure relative to crop growth requirements. Resource Assessment and Strategic Planning Working paper 98-1. USDA Natural Resource Conservation Service. <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/pubs/>.

II. Materia seca de residuos aéreos

I. Maíz

Ames, J.W., and Simon, R.H. (1924). Soil potassium as affected by fertilizer treatment and cropping. Bulletin 379. Ohio Agricultural Experiment Station, Wooster, Ohio.

Anonymous (1924). Forty-third annual report for 1923-24. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 382. Wooster, OH.

Anonymous (1926). Forty-fourth annual report for 1924-25. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 392. Wooster, OH.

Bustillo, J. J. and Gallaher, R.N. (1989). Dry matter Partitioning in No-tillage Tropical Corn in Florida. p.40-42. In I. D. Teare, E. Brown, and C.A. Trimble (ed.) 1989 Southern Conservation Tillage Conference. SB 89-1. Tallahassee, FL. 12-13 July, 1989. Univ. of Fla., North Fla. Res. and Educ. Ctr., Quincy, FL 32351.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.

Fisher, K.S. and Palmer, A.F.E. (1983). Maize. In: Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Graybill, J.S., Cox, W.J. and Otis, D.J. (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agronomy Journal*, **83**: 559-564.

Hutcheson, T.B., Hodgson, E.R., and Wolfe, T.K. (1917). Corn culture. Virginia Agricultural Experiment Station Bull. 214. Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA.

Jones, J.N. Jr., Moody, J.E., and Lillard, J.H. (1969). Effects of tillage, no tillage, and mulch on soil water and plant growth. *Agron. J.* **61**:719-721.

Jones Jr., J.N., Moody, J.E., Shear, G.M., Moschler, W.W. and Lillard, J.H. (1968). The no-tillage system for corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* **60**:17-20.

Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. *School of Agriculture and Experiment Station Bull.* 252. Pennsylvania State College

Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. *School of Agriculture and Experiment Station Bull.* 264. Pennsylvania State College.

Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Res.* **69**:215-226.

Peters, S.E., Wander, M.M., Saparito, L.S., Harris, G.H. and Friedman, D.B. (1997). Management impacts on SOM and related soil properties in a long-term farming systems trial in Pennsylvania: 1981-1991. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul. K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul. K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1996). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB96-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Pierce, F.J. and Fortin, M.C. (1997). Long-term tillage and periodic plowing of a no-tilled soil in Michigan: Impacts, yield, and soil organic matter. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Russell, J.S. (1991). Genetic improvement of maize yields. *Advances in Agronomy* **46**:245-298.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18. Agricultural Experiment Station. Kansas State Agricultural College.
- Shear, G.M. and Moschler, W.W. (1969). Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: A six-year comparison. *Agron. J.* **61**:524-526.
- Tapper, D.C. (1983). Changes in physiological traits associated with grain yield improvement in single-cross maize hybrids from 1930 to 1970. Ph.D. Dissertation. Agronomy Department, Iowa State University, Ames, IA.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Bulletin 381. Ohio Agricultural Experiment Station.
- Throckmorton, R.I. and Duley, F.L. (1935). Twenty years of soil fertility investigations. Kansas. Agricultural Experiment Station Tech. Bull. 40. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.
- Vanotti, M.B., Bundy, L.G. and Peterson, A.E. (1997). Nitrogen fertilizer and legume-cereal rotation effects on soil productivity and organic matter dynamics in Wisconsin. In Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.
- Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.
- 2. Trigo de invierno**
- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L. and Taylor, M. (1980). Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci., Camb.* **94**:675-689.
- Barracough, P.B. and Leigh, R.A. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root growth of high yielding crops. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:59-74.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Bruckner, P.L. and Morey, D.D. (1988). Nitrogen effects on soft red winter wheat yield, agronomic characteristics, and quality. *Crop Sci.* **28**:152-157.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

- Cox, T.S., Shroyer, J.P., Liu, B.-H., Sears, R.G. and Martin, T.J. (1988). Genetic improvements in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. *Crop Science* **28**:756-760.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- Eck, H.V. (1986). Profile modification and irrigation effects on yield and water use of wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **50**:724-729.
- Entz, M.H. and Fowler, D.B. (1991). Agronomic performance of winter versus spring wheat. *Agron. J.* **83**:527-532.
- Gent, M.P.N. and Kiyomoto, R.K. (1989). Assimilation and distribution of photosynthate in winter wheat cultivars differing in harvest index. *Crop Sci.* **29**:120-125.
- Halvorson, A.D., Vigil, M.F., Peterson, G.A. and Elliott, E.T. (1997). Long-term tillage and crop residue management study at Akron, Colorado. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Ishaq, M., Ibrahim, M. and Lal, R. (2001). Tillage effect on nutrient uptake by wheat and cotton as influenced by fertilizer rate. *Soil and Tillage Res.* **62**:41-53.
- Jensen, M.E. and Sletten, W.H. (1965). Evapotranspiration and soil moisture-fertilizer interrelations with irrigated winter wheat in the Southern High Plains. USDA Agricultural Research Service. Conservation Research Report No. 4.
- Jones, O.R., Stewart, B.A. and Unger, P.W. (1997). Management of dry-farmed Southern Great Plains soils for sustained productivity. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Lafever, H.N. (1976). Ohio performance trials of soft red winter wheats including 1976 results. Agronomy Dept. Series 203. Ohio Agricultural Research and Development Center. Wooster, OH.
- Lyon, D.J., Monz, C.A., Brown, R.E. and Metherell, A.K. (1997). Soil organic matter changes over two decades of winter wheat – fallow cropping in western Nebraska. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Miller, C.M. (1939). A physiological study of the winter wheat plant at different stages of its development. Tech. Bull. 47. Agricultural Experiment Station. Kansas State College of Agriculture and Applied Science.
- Musick, J.T. and Dusek, D.A. (1980). Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. *Agron. J.* **72**: 45-52.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 264.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 252.
- Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1996). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB96-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Rao, S.C., Coleman, S.W. and Volesky, J.D. (2000). Yield and quality of wheat, triticale, and elytricum forage in the Southern Plains. *Crop Sci.* **40**:1308-1312.
- Rasmussen, P.E. and Parton, W.J. (1994). Long-term effects of residue management in wheat-fallow: I. Inputs, yield, and soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **58**:523-530.
- Rasmussen, P.E., Smiley, R.W. and Albrecht, S.L. (1996). Long-term residue management experiment: Pendleton, Oregon, USA. IN: Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-term Datasets. D. S. Powlson, P. Smith, and J. U. Smith (eds.). Springer-Verlag, Germany.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18.
- Sharma, R.C. and Smith, E.L. (1986). Selection for high and low harvest index in three winter wheat populations. *Crop Sci.* **26**:1147-1150.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W. and Tennant, D. (1989). Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:473-487.
- Singh, I.D. and Stoskopf, N.C. (1971). Harvest index in cereals. *Agron. J.* **63**:224-226.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. Chapter 2 in Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec.* Pub. No. 31.
- Ten Eyck, A. M. and Shoesmith, V. M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 381.
- Throckmorton, R.I. and Duley, F.L. (1935). Twenty years of soil fertility investigations. Kansas. Agricultural Experiment Station Tech. Bull. 40. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.
- Unger, P.W. (1977). Tillage effects on winter wheat production where the irrigated and dryland crops are alternated. *Agronomy Journal*, **69**: 944 – 950.
- Weir, A.H. and Barraclough, P.B. (1986). The effect of drought on the root growth of winter wheat and on its uptake from deep loam. *Soil Use And Management* **2**:91-96.
- Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.
- Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.
- 3. Trigo de primavera**
- Bauer, A. and Zubriski, J.C. (1978). Hard red spring wheat straw yields in relation to grain yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **42**:777-781.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:1034-1040.
- Campbell, C.A., Davidson, H.R. and Warder, F.G. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the above-ground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:311-327.
- Cassman, K.G., Bryant, D.C., Fulton, A.E. and Jackson, L.F. (1992). Crop ecology, production and management. *Crop Sci.* **32**:1251-1258.
- Hucl, P. and Baker, R.J. (1987). A study of ancestral and modern Canadian spring wheats. *Can. J. Plant Sci.* **67**:87-97.

- Juma, N.G., Izaurralde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typical cryoboralf at Breton, Alberta. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Loffler, C.M., Rauch, T.L. and Busch, R.H. (1985). Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Sci.* **25**:521-524.
- Perry, M.W. and D'Antuono, M.F. (1989). Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat cultivars introduced between 1860 and 1982. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:457-472.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. In: *Crop Residue Management Systems*. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31*.
- van Delden, A. (2001). Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* **93**:1370-1385.

4. Arroz

- Bainton, S.J., Plumb, V.E., Juliano, B.O., Perez, C.M., Roxas, D.B., Kush, G.S., de Jesus, J.C. and Gomez, K.A. (1991). Variation in the nutritional value of rice straw. *Animal Feed Science and Technology* **34**, 261-277.
- Cho, Y.S., Choe, Z.R. and Ockerby, S.E. (2001). Managing tillage, sowing rate and nitrogen top-dressing level to sustain rice yield in a low-input, direct-sown, rice-vetch cropping system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **41**:61-69.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- George, T., Magbanua, R., Roder, W., Van Keer, K., Trebil, G. and Reoma, V. (2001). Upland rice response to phosphorous fertilization in Asia. *Agron. J.* **93**:1362-1370.
- Kinery, J.R., McCauley, G., Xie, Y. and Arnold, J.G. (2001). Rice parameters describing crop performance of four U. S. cultivars. *Agron. J.* **93**:1354-1361.
- Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Research*. **69**:215-226.
- San-oh, Y., Mano, Y., Ookawa, T. and Hirasawa, T. (2004). Comparison of dry matter production and associated characteristics between direct-sown and transplanted rice plants in a submerged paddy field and relationships to planting patterns. *Field Crops Res.* **87**:43-58.
- Turner, F.T. and McCauley, G.N. (1983). Rice. In: *Crop – Water Relations*. I.D. Teare and M.M. Peet (eds.). John Wiley and Sons, New York, pp 308-350.
- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. and Wang, W. (2001). Remobilization of carbon reserves in response to water deficit during grain filling of rice. *Field Crops Res.* **71**:47-55.

5. Cebada

- Alston, A.M. (1980). Response of wheat to deep placement of nitrogen and phosphorous fertilizers on a soil high in phosphorous in the surface layer. *Aust. J. Agric. Res.* **31**:13-24.
- Boukerrou, L. and Rasmussen, D.D. (1990). Breeding for high biomass yield in spring barley. *Crop Sci.* **30**:31-35.
- Chery, J., Lefevre, B., Robin, P. and Salsac, L. (1981). Barley breeding for high protein content. Relationship with nitrate reductase and proteolytic activities. In: *Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium*. Edinburgh Univ. Press.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- Juma, N.G., Izaurralde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typical cryoboralf at Breton, Alberta. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Kirby, E.J.M. (1967). The effect of plant density upon the growth and yield of barley. *J. Agric. Sci., Camb.* **68**:317-324.
- Lekes, J. (1981). Results, main directions in using world collections and genetic resources of spring barley in European breeding. In: *Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium*. Edinburgh Univ. Press.
- Mahli, S.S., Grant, C.A., Johnston, A.M. and Gill, K.S. (2001). Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil and Tillage Res.* **60**:101-122.

- Riggs, T.J., Hanson, P.R., Start, N.D., Miles, D.M., Morgan, C.L. and Ford, M.A. (1981). Comparison of spring barley varieties grown in England and Wales between 1880 and 1980. *J. Agric. Sci., Camb.* **97**:599-610.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W. and Tennant, D. (1989). Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:473-487.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. In: Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31*.
- Ten Eyck, A.M., and Shoesmith, V.M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Watson, D.J., Thorne, G.N., and French, S.A.W. (1958). Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Annals of Botany* **87**:321-352.
- Wych, R.D. and Rasmussen, D.C. (1983). Genetic improvement in malting barley cultivars since 1920. *Crop Sci.* **23**:1037-1040.
- 6. Avena**
- Anonymous (1923). Forty-second annual report for 1922-23. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 373. Wooster, OH.
- Anonymous (1926). Forty-fourth annual report for 1924-25. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 392. Wooster, OH.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Brinkman, M.A. and Rho, Y.D. (1984). Response of three oat cultivars to N fertilizer. *Crop Science* **24**:973-977.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* **28**:361-405.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1893). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 42. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1896). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 63. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1897). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 74. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Cottrell, H.M. and Shelton, W. (1890). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 13. Kansas State Agricultural College.
- Juma, N.G., Izaurralde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typical cryoboralf at Breton, Alberta. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Lawes, D.A. (1977). Yield improvement in spring oats. *J. Agric. Sci., Camb.* **89**:751-757.
- Meyers, K.B., Simmons, S.R. and Stuthman, D.D. (1985). Agronomic comparison of dwarf and conventional height oat genotypes. *Crop Sci.* **25**:964-966.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 252.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 264.
- Rattunde, H.F. and Frey, K.J. (1986). Nitrogen harvest index in oats: Its repeatability and association with adaptation. *Crop Sci.* **26**:606-610.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18. Agricultural Experiment Station. Kansas State Agricultural College.
- Ten Eyck, A.M. and Shoesmith, V.M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 381.

Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.

Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.

7. Mijo

Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

8. Sorgo

Anonymous (1930). A report of the Tribune Branch Agricultural Experiment Station. Agricultural Experiment Station Bull. 250. Kansas State Agricultural College, Manhattan, KS.

Arnon, I. and Blum, A. (1962). Factors responsible for yield superiority of hybrid sorghum. *Israel J. Agric. Res.* **12**: 95-105.

Arnon, I. and Blum, A. (1964). Response of hybrid and self-pollinated sorghum varieties to moisture regime and intra-row competition. *Israel J. Agric. Res.* **14**: 45-53.

Bond, J.J., Army, T.J. and Lehman, O.R. (1964). Row spacing, plant populations and moisture supply as factors in dryland grain sorghum production. *Agron. J.* **56**:3-6.

Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Craufurd, P.Q. and Peacock, J.M. (1993). Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). II. *Grain yield. Expl. Agric.* **29**:77-86.

Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.

Eastin, J.D. (1983). Sorghum. In Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Eck, H.V. and Musick, J.T. (1979). Plant water stress effects on irrigated grain sorghum. I. Effects on yield. *Crop Sci.* **19**:589-592.

Jones, O.R., Stewart, B.A. and Unger, P.W. (1997). Management of dry-farmed Southern Great Plains soils for sustained productivity. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Laryea, K.B. and Unger, P.W. (1995). Grassland converted to cropland: Soil conditions and sorghum yield. *Soil & Tillage res.* **33**:29-45.

Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Prihar, S.S. and Stewart, B.A. (1991). Sorghum harvest index in relation to plant size, environment, and cultivar. *Agron. J.* **83**:603-608.
- Shinano, T., Osaka, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Steiner, J.L. (1986). Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to plant geometry. *Agron. J.* **78**:720-726.
- Unger, P.W. and Jones, O.R. (1981). Effect of soil water content and a growing season straw mulch on grain sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**:129-134.
- Unger, P.W. and Wiese, A.F. (1979). Managing irrigated winter wheat residues for water storage and subsequent dryland grain sorghum production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **43**:582-588.
- von Trebra, R.L. and Wagner, F.A. (1932). Tillage practices for south-western Kansas. Agricultural Experiment Station Bull. 262. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.

9. Centeno

Actualmente, no se dispone de datos sobre centeno.

10. Soja

- Anderson, L.R., and Vasilas, B.L. (1985). Effects of planting date on two soybean cultivars: Seasonal dry matter accumulation and seed yield. *Crop Sci.* **25**:999-1004.
- Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Buzzell, R.I. and Buttery, B.R. (1977). Soybean harvest index in hill-plots. *Crop Sci.* **17**:968-970.
- Frederick, J.R., Woolley, J.T., Hesketh, J.D. and Peters, D.B. (1991). Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. *Field Crops research*, **27**: 71-82.
- Hanway, J.J. and Weber, C.R. (1971). Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agron. J.* **63**:227-230.
- Hodgson, A.S., Holland, J.F. and Rayner, P. (1989). Effects of field slope and duration of furrow irrigation on growth and yield of six grain-legumes on a waterlogging-prone vertisol. *Field Crops research*, **22**: 165-180.
- Kumudini, S., Hume, D.J., and Chu, G. (2001). Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration. *Crop Sci.* **41**:391-398.
- Laing, D.R., Kretchmer, P.J., Zuluaga, S. and Jones, P.G. (1983). Field Bean. In Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

- Liu, X., Jin, J., Herbert, S.J., Zhang, Q. and Wang, G. (2005). Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crops Research*, **93**: 85-93.
- Peters, S.E., Edwards, W.M. and McCoy, E.L. (1997). Continuous application of no-tillage to Ohio soils: Changes in crop yields and organic matter-related soil properties. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Sammons, D.J., Peters, D.B. and Hymowitz, T. (1981). Screening soybeans for tolerance to moisture stress: A field procedure. *Field Crops Research*, **3**: 321-335.
- Sinclair, T.R., Muchow, R.C., Ludlow, M.M., Leach, G.J., Lawn, R.J. and Foale, M.A. (1987). Field and model analysis of the effect of water deficits on carbon and nitrogen accumulation by soybean, cowpea, and black gram. *Field Crops Research*, **17**: 121-140.
- Sivakumar, M.V.K., Taylor, H.M. and Shaw, R.H. (1977). Top and root relations of field-grown soybeans. *Agron. J.* **69**:470-473.
- Thatcher, L.E. (1925). The soybean in Ohio. Ohio Agricultural Experiment Station. Bull. 384.
- Walker, A.K. and Fioritto, R.J. (1984). Effect of cultivar and planting pattern on yield and apparent harvest index in soybean. *Crop Sci.* **24**:154-155.

11. Alubias secas

- Ortega, P.F. (1988). Morphological characterization of six dry bean genotypes grown under non-irrigated conditions in Colorado. M.S. Thesis. Department of Agronomy, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

12. Patatas

- Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by potatoes in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss600.pdf>.
- van Delden, A. (2001). Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* **93**:1370-1385.
- Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

13. Cacahuetes

- Bell, M.J., Muchow, R.C. and Wilson, G.L. (1987). The effect of plant population on peanuts (*Arachis hypogaea*) in a monsoonal tropical environment. *Field Crops Research*, **17**: 91-107.
- Ghosh, P.K. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, **88**: 227-237.
- ICRISAT (2004). Increasing the effectiveness of research on agricultural resource management in the semi-arid tropics of southern India by combining cropping systems modeling with farming systems research: A rewarding experience for Tamil Nadu farmers. International Crops research Institute for the Semi-Arid Tropics. Online at: <http://www.icrisat.org/>.
- Singh, P., Boote, K.J., Rao, A.Y., Iruthayaraj, M.R., Sheikh, A.M., Hundal, S.S., Narang, R.S. and Singh, P. (1994). Evaluation of the groundnut model Pnutgro for crop response to water availability, sowing dates, and seasons. *Field Crops research*, **39**: 147-162.
- Witzenberger, A., Williams, J.H. and Lenz, F. (1985). Yield, components of yield and quality responses of groundnut (*Arachis Hypogaea* L.) as influenced by photoperiod and a growth regulator. *Field Crops research*, **12**: 347-361.

14. Alfalfa

- Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R., and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.
- Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

15. Heno no-leguminoso

- Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R., and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

III. Contenido de N de residuos aéreos

1. Maíz

- Burgess, M.S., Mehuys, G.R. and Madramootoo, C.A. (2002). Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:1350-1358.
- Eghball, B. and Maranville, J.W. (1993). Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. *Agron. J.* **85**:147-152.
- Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by grain corn in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss601.pdf>.
- Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.
- Mgheni, D.M., Ndemanisho, E.E., Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. (2001). Evaluation of the feeding value of two tropical cereal straws, maize stover, rice straw and their botanical fractions by nylon and mobile bag technique. *African Journal of Science and Technology*, **2**:65-71.
- NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.
- Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M., Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.
- Subedi, K.D. and Ma, B.L. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy-maize hybrids. *Crop Sci.* **45**:740-747.

2. Trigo

- Austin, R.B., Ford, M.A. and Morgan, C.L. (1989). Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *J. Agric. Sci., Camb.* **112**:295-301.
- Campbell, C.A., Davidson, H.R. and Warder, F.G. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the above-ground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:311-327.
- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:1034-1040.
- Cassman, K.G., Bryant, D.C., Fulton, A.E. and Jackson, L.F. (1992). Crop ecology, production and management. *Crop Sci.* **32**:1251-1258.
- NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.
- Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

3. Arroz

- Mgheni, D.M., Ndemanisho, E.E., Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. (2001). Evaluation of the feeding value of two tropical cereal straws, maize stover, rice straw and their botanical fractions by nylon and mobile bag technique. *African Journal of Science and Technology*, **2**:65-71.
- NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.
- Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Research.* **69**:215-226.
- Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

4. Cebada

- Bulman, P. and Smith, D.L. (1993). Accumulation and redistribution of dry matter and nitrogen by spring barley. *Agron. J.* **85**:1114-1121.
- Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

5. Avena

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M., Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

Wych, R.D. and Stuthman, D.D. (1983). Genetic improvement in Minnesota-adapted oat cultivars released since 1923. *Crop Sci.* **23**:879-881.

6. Mijo

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

7. Sorgo

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

8. Centeno

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

9. Soja

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

10. Alubias secas

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

11. Patatas

Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by potatoes in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss600.pdf>.

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

Thatcher, L.E. and Willard, C.J. (1962). Crop rotation and soil productivity. Ohio Agricultural Experiment Station Res. Bull. 907. Ohio State University.

Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

12. Cacahuetes

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

13. Alfalfa

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

14. Heno no-leguminoso

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

IV. Relación residuos subterráneos / biomasa aérea

1. Maíz

Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.

Bolinder, M.A., Angers, D.A., Giroux, M. and Laverdiere, M.R. (1999). Estimating C inputs retained as soil organic matter from corn (*Zea Mays* L.). *Plant and Soil* **215**:85-91.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Eghball, B. and Maranville, J.W. (1993). Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. *Agron. J.* **85**:147-152.

Follett, R.F., Allmaras, R.R. and Reichman, G.A. (1974). Distribution of corn roots in sandy soil with a declining water table. *Agron. J.* **66**:288-292.

Huggins, D.R., and Fuchs, D.J. (1997). Long-term N management effects on corn yield and soil C of an aquic haplustoll in Minnesota. In *Soil Organic Matter In Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Liang, B.C., Wang, X.L. and Ma, B.L. (2002). Maize root-induced change to soil organic pool. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:845-847.

Qian, J.H., Doran, J.W. and Walters, D.T. (1997). Maize plant contributions to root zone available carbon and microbial transformations of nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* **29**:1451-1462.

Shank, D.B. (1943). Top-root ratios of inbred and hybrid maize. *J. Am. Soc. Agron.*, pp. 976-986.

Tran, T.S. and Giroux, M. (1998). Fate of 15N-labelled fertilizer applied to corn grown on different soil types. *Canadian Journal of Soil Science*, **78**: 597-605.

Triplett, G.B. Jr. and Mannering, J.V. (1978). Crop residue management in crop rotation and multiple cropping systems. Chapter 11 in *Crop Residue Management Systems*. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub.* No. 31.

Yiridoe, E.K., Voroney, R.P. and Weersink, A. (1997). Impact of alternative farm management practices on nitrogen pollution of groundwater: Evaluation and application of CENTURY Model. *J. Environ. Qual.* **26**:1255-1263.

2. Trigo

Barraclough, P.B. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: root growth of high yielding crops in relation to shoot growth. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:439-442.

Barraclough, P.B. and Leigh, R.A. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root growth of high yielding crops. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:59-74.

Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.

Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Campbell, C.A. and de Jong, R. (2001). Root-to-straw ratios – influence of moisture and rate of N fertilizer. *Can. J. Soil Sci.*, **81**: 39-43.

Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the semi-arid Northern Great Plains of Canada. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Gregory, P.J., McGowan, M., Biscoe, P.V. and Hunter, B. (1978). Water relations of winter wheat. 1. Growth of the root system. *J. Agric. Sci., Camb.* **91**:91-102.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.

- Slobodian, N., Van Rees, K. and Pennock, D. (2002). Cultivation-induced effects on below-ground biomass and organic carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:924-930.
- Triplett Jr., G.B. and Mannering, J.V. (1978). Crop residue management in crop rotation and multiple cropping systems. Chapter 11 in *Crop Residue Management Systems. Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31.*
- Weir, A.H. and Barraclough, P.B. (1986). The effect of drought on the root growth of winter wheat and on its uptake from deep loam. *Soil Use And Management* **2**:91-96.
- 3. Arroz**
- Cassman, K. G. (personal communication 2002) Agron. Dept, U. NE.
- Khokhar, M.F.K. and Pandey, H.N. (1976). Biomass, productivity and growth analysis of two varieties of paddy. *Trop. Ecol.* **17**:125-131.
- Shinano, T., Osaka, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Turner, F.T. and McCauley, G.N. (1983). Rice. In: *Crop – Water Relations*. I.D.Teare and M.M. Peet (eds.). John Wiley and Sons, New York, pp 308-350.
- 4. Cebada**
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.
- Gregory, P.J. and Atwell, B.J. (1991). The fate of carbon in pulse-labeled crops of barley and wheat. *Plant and Soil* **136**:205-213.
- Gregory, P.J., Palta, J.A. and Batts, G.R. (1997). Root systems and root:mass ratio – carbon allocation under current and projected atmospheric conditions in arable crops.
- Hansson, A., Andren, O., Bostrom, U., Clarholm, M., Lagerlof, J., Lindberg, T., Paustian, K., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1989). Chapter 4. Structure of the agroecosystem. In: Andren O., Lindberg T., Paustian K., and Rosswall T. (eds.). *Ecology of arable land – organisms, carbon and nitrogen cycling. Ecol. Bull. (Copenhagen)* **40**:41-83.
- Heen, A. (1981). Root growth, transpiration and leaf-firing during water stress in barley: Breeding implications for drought resistance. In: *Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium*. Edinburgh Univ. Press.
- Shank, D.B. (1943). Top-root ratios of inbred and hybrid maize. *J. Am. Soc. Agron.*, pp. 976-986.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.
- Watson, D.J., Thorne, G.N. and French, S.A.W. (1958). Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Annals of Botany* **87**:321-352.
- Xu, J.G. and Juma, N.G. (1992). Above- and below-ground net primary production of four barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* **72**:1131-1140.
- 5. Avena**
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.
- 6. Mijo**
- Actualmente, no se dispone de datos sobre mijo.
- 7. Sorgo**
- Actualmente, no se dispone de datos sobre sorgo.
- 8. Centeno**
- Actualmente, no se dispone de datos sobre centeno.
- 9. Soja**
- Follett, R.F., Allmaras, R.R. and Reichman, G.A. (1975). Soybean and corn rooting in Southwestern Minnesota: II. Root distributions and related water flow. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **39**:771-777.

- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Heatherly, L.G. (1980). Effect of upper-profile soil water potential on soybean root and shoot relationships. *Field Crops Research*, **3**:165-171.
- Mayaki, W.C., Teare, I.D. and Stone, L.R. (1976). Top and root growth of irrigated and nonirrigated soybeans. *Crop Sci.* **16**:92-94.
- Shinano, T., Osaki, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Taylor, H.M., Mason, W.K., Bennie, A.T.P. and House, H.R. (1982). Responses of soybeans to two row spacings and two soil water levels. I. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. *Field Crops Research*, **5**: 1-14.

10. Alubias secas

Actualmente, no se dispone de datos sobre alubias secas.

11. Patatas

Vangessel, M.J. and Renner, K.A. (1990). Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) interference in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Weed Science* **38**:338-343.

12. Cacahuetes

Actualmente, no se dispone de datos sobre cacahuetes.

13. Alfalfa

Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

14. Heno no-leguminoso

Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

V. Contenido de N de residuos subterráneos

1. Maíz

Sanchez, J.E., Paul, E.A., Willson, T.C., Smeenk, J. and Harwood, R.R. (2002). Corn root effects on the nitrogen-supplying capacity of a conditioned soil. *Agron. J.* **94**:391-396.

Subedi, K.D. and Ma, B.L. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy-maize hybrids. *Crop Sci.* **45**:740-747.

Tran, T.S. and Giroux, M. (1998). Fate of 15N-labelled fertilizer applied to corn grown on different soil types. *Canadian Journal of Soil Science*, **78**: 597-605.

2. Trigo

Campbell, C.A., Cameron, D.R., Nicholaichuk, W. and Davidson, H.R. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on growth, N content, and moisture use by spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:289-310.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

3. Arroz

Actualmente, no se dispone de datos sobre arroz.

4. Cebada

Dev, G. and Rennie, D.A. (1979). Isotope studies on the comparative efficiency of nitrogenous sources. *Aust. J. Soil Res.* **17**: 155-162.

Haugen-Kozyra, K., Juma, N.G. and Nyborg, M. (1993). Nitrogen partitioning and cycling in barley-soil systems under conventional and zero tillage in central Alberta. *Canadian Journal of Soil Science* **73**: 183-196.

5. Avena

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

6. Mijo

Actualmente, no se dispone de datos sobre mijo.

7. *Sorgo*

Cueto-Wong, J.A., Guldán, S.J., Lindemann, W.C. and Remmenga, M.D. (2001). Nitrogen recovery from ¹⁵N-labeled green manures: I. Recovery by forage sorghum and soil one season after green manure incorporation. *Journal of Sustainable Agriculture*, **17**:27-42.

8. *Centeno*

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

9. *Soja*

Thatcher, L.E. (1925). The soybean in Ohio. Ohio Agricultural Experiment Station. Bull. 384.

10. *Alubias secas*

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

11. *Patatas*

Lander, C.H., Moffitt, D. and Alt, K. (1998). Nutrients available from livestock manure relative to crop growth requirements. Resource Assessment and Strategic Planning Working paper 98-1. USDA Natural Resource Conservation Service. <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/pubs/nlweb.html>

Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

12. *Cacahuetes*

Actualmente, no se dispone de datos sobre cacahuetes.

13. *Alfalfa*

Baron, V., Young, D.Y. and Ullmann, C. (2001). Can pasture slow down global warming? Western Forage/Beef Group, 5: 3-6. Online at: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/newslett.nsf/all/wfbg38](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/newslett.nsf/all/wfbg38).

Bowren, K.E., Cooke, D.A. and Downey, R.K. (1969). Yield of dry matter and nitrogen from tops and roots of sweetclover, alfalfa, and red clover at five stages of growth. *Canadian Journal of Plant Science*, **49**: 61-69.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

14. *Heno no-leguminoso*

Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Zentner, R.P. and Lafond, G.P. (1991). Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozemic soil. *Canadian Journal of Soil Science*, **71**: 363-376.

Christian, J.M. and Wilson, S.D. (1999). Long-term ecosystem impacts of an introduced grass in the Northern Great Plains. *Ecology*, **80**: 2397-2407.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

Referencias

- Aitkenhead-Peterson, J.A., Alexander, J.E. and Clair, T.A. (2005). Dissolved organic carbon and dissolved organic nitrogen export from forested watersheds in Nova Scotia: Identifying controlling factors. *Global Biogeochemical Cycles*, **19**, GB4016, doi:10.1029/2004GB002438.
- Akiyama, H., Yagi, K. and Yan, X. (2005). Direct N₂O emission from rice paddy fields: Summary of available data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **19**(1), art. no. GB1005.
- Alm, J., Saarnio, S., Nykanen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1999). Winter CO₂, CH₄ and N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochem.* **44**, 163-186.
- Bouwman, A.F. (1996). Direct emissions of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **46**, 53-70.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M. and Batjes, N.H. (2002a). Emissions of N₂O and NO from fertilised fields: Summary of available measurement data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **16**(4), art. no. 1058.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M. and Batjes, N.H. (2002b). Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilised fields. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **16**(4), art. no. 1080.
- Brumme, R., Borken, W. and Finke, S. (1999). Hierarchical control on nitrous oxide emission in forest ecosystems. *Global Biochem. Cycles* **13**, 1137-1148.
- Butterbach-Bahl, K., Gasche, R., Breuer, L. And Papen, H. (1997). Fluxes of NO and N₂O from temperate forest soils: impact of forest type, N deposition and of liming on the NO and N₂O emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **48**, 79-90.
- Clough, T., Bertram, J.E., Sherlock, R.R., Leonard, R.L. and Nowicki, B.L. (2006). Comparison of measured and EF5-r-derived N₂O fluxes from a spring-fed river. *Glob. Change Biol.* **12**, 477-488.
- Corre, M.D., Pennock, D.J., van Kessel, C., and Elliott, D.K. (1999). Estimation of annual nitrous oxide emissions from a transitional grassland-forest region in Saskatchewan, Canada. *Biogeochem.* **44**, 29-49.
- Davies, M.G., Smith, K.A. and Vinten, A.J.A. (2001). The mineralisation and fate of N following ploughing of grass and grass-clover swards. *Biol. Fertil. Soils*, **33**, 423-434.
- de Klein, C.A.M. (2004). Review of the N₂O emission factor for excreta deposited by grazing animals (EF_{3PRP}). Paper prepared as part of the 2006 Revised Guidelines for Greenhouse Gas Inventories of IPCC.
- Denier van der Gon, H. and Bleeker, A. (2005). Indirect N₂O emission due to atmospheric N deposition for the Netherlands. *Atmos. Environ.* **39**, 5827-5838.
- Dong, L.F., Nedwell, D.B., Colbeck, I. and Finch, J. (2004). Nitrous oxide emission from some English and Welsh rivers and estuaries. *Water Air Soil Pollution: Focus* **4**, 127-134.
- FAO (1998). World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports 84. FAO, Rome. 88pp. (ISBN 92-5-104141-5).
- Garten, C.T., Cooper, L.W., Post, W.M. and Hanson, P.J. (2000). Climate controls on forest soil C isotope ratios in the southern Appalachian mountains. *Ecology*, **81**, 1108-1119.
- Hiscock, K.M., Bateman, A.S., Fukada, T. and Dennis, P.F. (2002). The concentration and distribution of groundwater N₂O in the Chalk aquifer of eastern England. In: Van Ham, J., Baede, A.P.M., Guicherit, R. and Williams-Jacobse, J.G.F.M. (eds.), Proc. 3rd Internat. Symp. Non-CO₂ Greenhouse Gases, Maastricht, The Netherlands, 185-190.
- Hiscock, K.M., Bateman, A.S., Muhlherr, I.H., Fukada, T. and Dennis, P.F. (2003). Indirect emissions of nitrous oxide from regional aquifers in the United Kingdom. *Environ. Sci. Technol.* **37**, 3507-3512.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, Francia.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, hayama, Japan.

- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B. and Flessa, H. (2005). Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, **128**, 63-79.
- Klemedtsson, L., Kasimir Klemedtsson, A., Escala, M. and Kulmala, A. (1999). Inventory of N₂O emission from farmed European peatlands. In: Freibauer, A. and Kaltschmitt, M. (eds.), *Approaches to Greenhouse Gas Inventories of Biogenic Sources in Agriculture*, Proc. Workshop at Lökeberg, Sweden, 9-10 July 1998, pp. 79-91.
- Klemedtsson, L., Weslien, P., Arnold, K., Agren, G., Nilsson, M. and Hanell, B. (2002). Greenhouse gas emissions from drained forests in Sweden. In: Olsson M. (ed.) *Land-use strategies for reckoning net greenhouse gas emissions*. Mistra Programme: Progress report 1999 – 2002. Swedish Univ. Agric. Sciences, Uppsala: pp. 44-67.
- Lobe, I., Amelung, W. and Du Preez, C.C. (2001). Losses of carbon and nitrogen with prolonged arable cropping from sandy soils of the South African Highveld. *European Journal of Soil Science*, **52**, 93-101.
- Laine, J., Silvola, J., Tolonen, K., Alm, J., Nykanen, H., Vasander, H., Sallantausta, T., Savolainen, I., Sinisalo, J., and Martikainen, P.J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming – northern peatlands. *Ambio* **25**, 179-184.
- Martikainen, P.J., Nykanen, H., Alm, J., and Silvola, J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophic. *Plant Soil* **169**, 571-577.
- Minkinen, K., Korhonen, K., Savolainen, I. and Laine, J. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100: the impact of forestry drainage. *Glob. Change Biol.* **8**, 785-799.
- Novoa, R. and Tejada, H.R. (2006) Evaluation of the N₂O emissions from N in plant residues as affected by environmental and management factors. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* (in press).
- Reay, D.S., Smith, K.A. and Edwards A.C. (2004). Nitrous oxide in agricultural drainage waters following field fertilisation. *Water Air Soil Pollution: Focus*, **4**, 437-451.
- Reay, D., Smith, K.A., Edwards, A.C., Hiscock, K.M., Dong, L.F. and Nedwell, D. (2005). Indirect nitrous oxide emissions: revised emission factors. *Environ. Sciences*, **2**, 153-158.
- Regina, K., Nykänen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1996). Nitrous oxide production in boreal peatlands of different hydrology and nutrient status. In: *Northern peatlands in global climatic change*. Proc. Internat. Workshop, Academy of Finland, Hyytiälä: pp. 158-166.
- Robertson, G.P. and Grace, P.R. (2004). Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture: the need for a full-cost accounting of global warming potentials. *Environ. Develop. Sustain.* **6**, 51-63.
- Rochette, P. and Janzen, H.H. (2005). Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **73**, 171-179.
- Snowdon, P., Ryan, P. and Raison, J. (2005). Review of C:N ratios in vegetation, litter and soil under Australian native forests and plantations. *National Carbon Accounting System Technical Report No. 45*, Australian Greenhouse Office, Canberra.
- Sawamoto, T., Nakajima, Y., Kasuya, M., Tsuruta, H. and Yagi, K. (2005). Evaluation of emission factors for indirect N₂O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems. *Geophys. Res. Lett.* **32**(3), doi:10.1029/2004GL021625.
- Smith, K.A. and Conen, F. (2004). Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases. *Soil Use Manage.*, **20**, 255-263.
- Stehfest, E. and Bouwman, L. (2006). N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **74**, 207-228.
- van der Weerden, T.J., Sherlock, R.R., Williams, P.H. and Cameron, K.C. (1999). Nitrous oxide emissions and methane oxidation by soil following cultivation of two different leguminous pastures. *Biol. Fertil. Soils*, **30**, 52-60.
- West, T.O. and McBride, A.C. (2005). The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emission in the United States: dissolution, transport, and net emissions. *Agric. Ecosyst. Environ.* **108**, 145-154.