

# **ANEXO 2**

---

## **RESUMEN DE ECUACIONES**

## Índice

A. Ecuaciones Generales Afolu .....	3
B. Ecuaciones Referidas A Biomasa.....	4
Ecuaciones Adicionales Referidas A Biomasa En Asentamientos.....	9
C. Ecuaciones Referidas A Materia Orgánica Muerta .....	10
D. Ecuaciones Referidas A Carbono Del Suelo .....	12
E. Ecuaciones Referidas Al Quemado De Biomasa.....	14
F. Ecuaciones Referidas Al Cultivo Del Arroz.....	14
G. Ecuaciones Referidas A Humedales.....	15
H. Ecuaciones Referidas A Ganado .....	18
I. Ecuaciones Referidas A Emisiones De N <sub>2</sub> O Y A Otras Emisiones De Co <sub>2</sub> De Suelos Gestionados.....	29
J. Ecuaciones Relacionadas Con Productos De Madera Recolectada .....	34

## A. ECUACIONES GENERALES AFOLU

**ECUACIÓN 2.1 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA TODO EL SECTOR AFOLU ESTIMADAS COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS EN TODAS LAS CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA**

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

Donde:

$\Delta C$  = cambio en las existencias de carbono

Los índices se refieren a las siguientes categorías de uso de la tierra:

AFOLU = Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

FL = Tierras forestales

CL = Tierras de cultivo

GL = Pastizales

WL = Humedales

SL = Asentamientos

OL = Otras tierras

**ECUACIÓN 2.2 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS DE CADA UNO DE LOS ESTRATOS DENTRO DE LA CATEGORÍA**

$$\Delta C_{LU} = \sum_i \Delta C_{LU_i}$$

Donde:

$\Delta C_{LU}$  = cambios en las existencias de carbono para una categoría de uso de la tierra (LU, del inglés *land use*) según lo definido en la Ecuación 2.1.

$i$  = indica un estrato o una subdivisión específicos dentro de la categoría de uso de la tierra (por combinaciones de especies, zonas climáticas, ecotipos, regímenes de gestión, etc., véase el Capítulo 3),  $i = 1$  a  $n$ .

**ECUACIÓN 2.3  
CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UN ESTRATO DE UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS EN TODOS LOS DEPÓSITOS**

$$\Delta C_{LU_i} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{PMR}$$

Donde:

$\Delta C_{LU_i}$  = cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra

Los subíndices se refieren a los siguientes depósitos de carbono:

AB = biomasa aérea

BB = biomasa subterránea

DW = madera muerta

LI = hojarasca

SO = suelos

PMR = productos de madera recolectada

**ECUACIÓN 2.4**  
**CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO DE UN DEPÓSITO DADO EN FUNCIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LAS GANANCIAS (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)**

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

$\Delta C$  = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$  = ganancia anual de carbono, ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_L$  = pérdida anual de carbono, ton C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.5**  
**CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN UN DEPÓSITO DADO SEGÚN LA DIFERENCIA ANUAL PROMEDIO ENTRE ESTIMACIONES EN DOS MOMENTOS DIFERENTES (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)**

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Donde:

$\Delta C$  = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año<sup>-1</sup>

$C_{t_1}$  = existencias de carbono del depósito en el momento  $t_1$ , ton C

$C_{t_2}$  = existencias de carbono del depósito en el momento  $t_2$ , ton C

**ECUACIÓN 2.6**  
**EMISIONES DE NO CO<sub>2</sub> A LA ATMÓSFERA**

$$\text{Emisión} = A \cdot EF$$

Donde:

Emisión = emisiones de no CO<sub>2</sub>, ton gas no CO<sub>2</sub>

A = datos de la actividad relacionados con la fuente de emisión (puede ser superficie, cantidades de animales o unidad de masa, según el tipo de fuente)

EF = factor de emisión para un gas y una categoría de fuente específicos, ton por unidad de A

## B. ECUACIONES REFERIDAS A BIOMASA

**ECUACIÓN 2.7**  
**CAMBIO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN UNA CATEGORÍA EN PARTICULAR DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)**

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

$\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$  = incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_L$  = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.8**

**CAMBIO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LA BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)**

$$\Delta C_B = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad (a)$$

donde:

$$C = \sum_{i,j} \{A_{i,j} \cdot V_{i,j} \cdot BCEF_{S_{i,j}} \cdot (1 + R_{i,j}) \cdot CF_{i,j}\} \quad (b)$$

Donde:

$\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) en tierras que permanecen en la misma categoría (p. ej. *Tierras forestales que permanecen como tales*), ton C año<sup>-1</sup>

$C_{t_2}$  = total de carbono en biomasa para cada subcategoría de tierra en el momento  $t_2$ , ton C

$C_{t_1}$  = total de carbono en biomasa para cada subcategoría de tierra en el momento  $t_1$ , ton C

$C$  = total de carbono en biomasa para el período  $t_1$  a  $t_2$

$A$  = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, há (véase la nota al pie)

$V$  = volumen de las existencias venales en crecimiento, m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup>

$i$  = zona ecológica  $i$  ( $i = 1$  a  $n$ )

$j$  = dominio climático  $j$  ( $j = 1$  a  $m$ )

$R$  = relación entre biomasa aérea y biomasa subterránea, en toneladas d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>

$CF$  = fracción de carbono de materia seca, toneladas C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

$BCEF_S$  = factor de conversión y expansión de biomasa para la expansión del volumen de existencias venales en crecimiento a biomasa aérea, toneladas de crecimiento de biomasa aérea (m<sup>3</sup> de volumen de existencias en crecimiento)<sup>-1</sup>, (véase el Cuadro 4.5 para Tierras forestales). El  $BCEF_S$  transforma el volumen venable de existencias en crecimiento directamente en su biomasa aérea. Los valores del  $BCEF_S$  son más convenientes porque se pueden aplicar directamente a datos de inventario de bosques basados en volumen y a registros operativos, sin tener que recurrir a densidades boscosas básicas ( $D$ ). Dan mejores resultados cuando se los ha derivado localmente y cuando se basan directamente en el volumen venal. No obstante, si no se dispone de los valores del  $BCEF_S$  y si el factor de expansión de la biomasa ( $BEF_S$ ) y los valores de  $D$  se estiman individualmente, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_S = BEF_S \cdot D$$

**ECUACIÓN 2.9**

**INCREMENTO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA DEBIDO AL INCREMENTO DE LA BIOMASA**

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL_{i,j}} \cdot CF_{i,j})$$

Donde:

$\Delta C_G$  = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido a crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año<sup>-1</sup>

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

$G_{TOTAL}$  = crecimiento medio anual de la biomasa, ton d. m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$i$  = zona ecológica  $i$  ( $i = 1$  a  $n$ )

$j$  = dominio climático  $j$  ( $j = 1$  a  $m$ )

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.10**  
**INCREMENTO ANUAL PROMEDIO DE LA BIOMASA**

**Nivel 1**

$G_{TOTAL} = \sum \{G_w \cdot (1 + R)\}$  Se emplean directamente los datos de incremento de biomasa (materia seca)

**Niveles 2 y 3**

$G_{TOTAL} = \sum \{I_v \cdot BCEF_i \cdot (1 + R)\}$  Se utiliza el incremento anual neto para estimar el  $G_w$  aplicando el factor de conversión y expansión de la biomasa

Donde:

$G_{TOTAL}$  = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, ton d. m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$G_w$  = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, ton d. m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>. R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1).

$I_v$  = incremento anual neto promedio para un tipo de vegetación específica, m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$BCEF_i$  = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo de vegetación específica, toneladas de crecimiento de corteza aérea (m<sup>3</sup> de incremento anual promedio)<sup>-1</sup> (véase el Cuadro 4.5 referido a Tierras forestales). Si no se dispone de los valores del  $BCEF_i$  y si el factor de expansión de la biomasa (BEF) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_i = BEF_i \cdot D$$

**ECUACIÓN 2.11**  
**REDUCCIÓN ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO POR PÉRDIDA DE BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA**

$$\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$$

Donde:

$\Delta C_L$  = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra, ton C año<sup>-1</sup>

$L_{remoción-bosques}$  = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año<sup>-1</sup> (Véase la Ecuación 2.12)

$L_{madera-combustible}$  = pérdida anual de carbono en la biomasa debida a remoción de madera combustible, ton C año<sup>-1</sup> (Véase la Ecuación 2.13)

$L_{perturbación}$  = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año<sup>-1</sup> (Véase la Ecuación 2.14)

**ECUACIÓN 2.12****PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE BOSQUES**

$$L_{\text{remoción-bosques}} = \{H \cdot BCEF_R \cdot (1 + R) \cdot CF\}$$

Donde:

$L_{\text{remoción-bosques}}$  = pérdida anual de carbono debida a remoción de biomasa, ton C año<sup>-1</sup>

H = remociones anuales de bosques, rollizos, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>. R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

BCEF<sub>R</sub> = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluyendo corteza), toneladas de remoción de biomasa aérea (m<sup>3</sup> de remociones)<sup>-1</sup>, (véase el Cuadro 4.5 para Tierras forestales). No obstante, si no se dispone de los valores del BCEF<sub>R</sub> y si el factor de expansión de la biomasa para remociones forestales (BEF<sub>R</sub>) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \cdot D$$

**ECUACIÓN 2.13****PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE MADERA COMBUSTIBLE**

$$L_{\text{madera-combustible}} = [\{FG_{\text{árboles}} \cdot BCEF_R \cdot (1 + R)\} + FG_{\text{parte}} \cdot D] \cdot CF$$

Donde:

$L_{\text{madera-combustible}}$  = pérdida anual de carbono debida a remoción de madera combustible, ton C año<sup>-1</sup>

FG<sub>árboles</sub> = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>

FG<sub>parte</sub> = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>; R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea. (Nivel 1)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

D = densidad básica de la madera, ton d.m. m<sup>-3</sup>

BCEF<sub>R</sub> = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluyendo corteza), toneladas de remoción de biomasa (m<sup>3</sup> de remociones)<sup>-1</sup>, (véase el Cuadro 4.5 para Tierras forestales). Si no se dispone de los valores del BCEF<sub>R</sub> y si el factor de expansión de la biomasa para remociones forestales (BEF<sub>R</sub>) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \cdot D$$

**ECUACIÓN 2.14****PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA DEBIDAS A PERTURBACIONES**

$$L_{\text{perturbación}} = \{A_{\text{perturbación}} \cdot B_W \cdot (1 + R) \cdot CF \cdot fd\}$$

Donde:

$L_{\text{perturbación}}$  = otras pérdidas anuales de carbono, ton C año<sup>-1</sup> (Nótese que se trata de la cantidad de biomasa que se pierde del total de la biomasa. La diferenciación entre la biomasa que se transfiere a materia orgánica muerta y la que se oxida y se libera a la atmósfera se explica en las Ecuaciones 2.15 y 2.16).

$A_{\text{perturbación}}$  = superficie afectada por perturbaciones, há año<sup>-1</sup>

$B_W$  = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, ton d.m. há<sup>-1</sup>

$R$  = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>.  $R$  se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en la biomasa subterránea (Nivel 1).

$CF$  = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

$fd$  = fracción de biomasa perdida por perturbaciones (véase la siguiente nota).

**Nota:** El parámetro  $fd$  define la proporción de biomasa que se pierde del depósito de biomasa: una perturbación que reemplaza a una arboleda elimina toda la biomasa ( $fd = 1$ ), mientras que una perturbación provocada por insectos puede remover sólo una porción (p. ej.  $fd = 0,3$ ) de la densidad promedio de  $C$  en la biomasa. La Ecuación 2.14 no especifica el destino del carbono removido de las existencias de carbono de la biomasa. La hipótesis del Nivel 1 es que todas las  $L_{\text{perturbaciones}}$  se emiten en el año de la perturbación. En los métodos de nivel superior, se supone que parte de este carbono se emite inmediatamente y que otra parte se agrega a los depósitos de materia orgánica muerta (madera muerta, hojarasca) o a los PMR.

**ECUACIÓN 2.15**  
**CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASAS EN TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO 2)**

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{\text{CONVERSIÓN}} - \Delta C_L$$

Donde:

$\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$  = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_L$  = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.16**  
**CAMBIO INICIAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA DE TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE TIERRA**

$$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}} = \sum_i \{ (B_{\text{DESPUÉS}_i} - B_{\text{ANTES}_i}) \cdot \Delta A_{\text{A_OTRAS}_i} \} \cdot CF$$

Donde:

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año<sup>-1</sup>

$B_{\text{DESPUÉS}_i}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra  $i$  inmediatamente después de la conversión, ton d.m. há<sup>-1</sup>

$B_{\text{ANTES}_i}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra  $i$  antes de la conversión, ton d.m. há<sup>-1</sup>

$\Delta A_{\text{A_OTRAS}_i}$  = superficie de uso de la tierra  $i$  convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, há año<sup>-1</sup>

$CF$  = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

$i$  = tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

## Ecuaciones adicionales referidas a biomasa en Asentamientos

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

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

Donde:

$\Delta C_B$  = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año<sup>-1</sup>

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

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

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

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

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

Donde:

$\Delta C_G$  = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año<sup>-1</sup>

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

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

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

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

Donde:

$\Delta C_G$  = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa viva en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año<sup>-1</sup>

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

$C_{ij}$  = promedio anual de acumulación de carbono por la clase *i* del tipo perenne *j*, ton C año<sup>-1</sup> por ejemplar

## C. ECUACIONES REFERIDAS A MATERIA ORGÁNICA MUERTA

**ECUACIÓN 2.17**  
**CAMBIO ANUAL EN LOS INVENTARIOS DE CARBONO DE LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA**

$$\Delta C_{DOM} = \Delta C_{DW} + \Delta C_{LT}$$

Donde:

$\Delta C_{DOM}$  = cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca), ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{DW}$  = cambio en las existencias de carbono de la madera muerta, ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{LT}$  = cambio en las existencias de carbono de la hojarasca, ton C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.18**  
**CAMBIO ANUAL EN LOS INVENTARIOS DE CARBONO DE LA MADERA MUERTA O LA HOJARASCA (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)**

$$\Delta C_{DOM} = A \cdot \{(DOM_{in} - DOM_{out}) \cdot CF\}$$

Donde:

$\Delta C_{DOM}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca, ton C año<sup>-1</sup>

A = superficie de tierra gestionada, ha

$DOM_{in}$  = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales, ton d.m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$DOM_{out}$  = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca, ton d.m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.19**  
**CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN MADERA MUERTA U HOJARASCA (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)**

$$\Delta C_{DOM} = \left[ A \cdot \frac{(DOM_{t_2} - DOM_{t_1})}{T} \right] \cdot CF$$

Donde:

$\Delta C_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año<sup>-1</sup>

A = superficie de tierra gestionada, ha

$DOM_{t_1}$  = existencias de madera muerta/hojarasca en el momento  $t_1$  en tierra gestionada, ton d.m. há<sup>-1</sup>

$DOM_{t_2}$  = existencias de madera muerta/hojarasca en el momento  $t_2$  en tierra gestionada, ton d.m. há<sup>-1</sup>

$T = (t_2 - t_1)$  = lapso transcurrido entre el momento de la segunda estimación de existencias y la primera, año

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,37 para hojarasca), ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.20****CARBONO DE LA BIOMASA QUE SE TRANSFIERE ANUALMENTE A MATERIA ORGÁNICA MUERTA**

$$DOM_{in} = \{L_{mortalidad} + L_{broza} + (L_{perturbación} \cdot f_{BLol})\}$$

Donde:

$DOM_{in}$  = total de carbono de la biomasa transferido a materia orgánica muerta, ton C año<sup>-1</sup>

$L_{mortalidad}$  = transferencia anual de carbono de la biomasa a DOM debida a la mortalidad, ton C año<sup>-1</sup>  
(Véase la Ecuación 2.21)

$L_{broza}$  = transferencia anual de carbono de la biomasa a DOM en forma de broza, ton C año<sup>-1</sup> (Véase la Ecuación 2.22)

$L_{perturbación}$  = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año<sup>-1</sup> (Véase la Ecuación 2.14)

$f_{BLol}$  = fracción de biomasa que se deja descomponer en el suelo (transferida a materia orgánica muerta) por pérdidas debidas a perturbaciones. Como se muestra en el Cuadro 2.1, las pérdidas por perturbaciones del depósito de biomasa se subdividen en las fracciones que se agregan a la madera muerta (celda B del Cuadro 2.1) y a la hojarasca (celda C), que se liberan a la atmósfera en caso de incendios (celda F) y, si hay salvamento después de la perturbación, las que se transfieren a PMR (celda E).

**Nota:** Si los incrementos en biomasa de raíces se tienen en cuenta en la Ecuación 2.10, entonces también deben considerarse las pérdidas de biomasa de raíces en las Ecuaciones 2.20 y 2.22.

**ECUACIÓN 2.21****PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA POR MORTALIDAD**

$$L_{mortalidad} = \sum (A \cdot G_w \cdot CF \cdot m)$$

Donde:

$L_{mortalidad}$  = pérdida anual de carbono por mortalidad, ton C año<sup>-1</sup>

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

$G_w$  = crecimiento de la biomasa aérea, ton d.m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (véase la Ecuación 2.10)

CF = fracción de carbono de materia seca, toneladas C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

m = tasa de mortalidad expresada como fracción del crecimiento de la biomasa aérea

**ECUACIÓN 2.22****TRANSFERENCIA ANUAL DE CARBONO A BROZA**

$$L_{broza} = [\{H \cdot BCEF_R \cdot (1 + R)\} - \{H \cdot D\}] \cdot CF$$

Donde:

$L_{broza}$  = transferencia anual de carbono de biomasa aérea a broza, incluyendo raíces muertas, ton C año<sup>-1</sup>

H = cosecha anual de bosques (recogida de madera o de madera combustible), m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>

$BCEF_R$  = factores de conversión y expansión de biomasa aplicables a recogidas de madera, por los que se transforma el volumen venable de remoción de madera en remociones de biomasa aérea, ton remoción de biomasa (m<sup>3</sup> de remociones)<sup>-1</sup>. Si no se dispone de los valores de  $BCEF_R$  y los valores de BEF y de Densidad se estiman por separado, entonces puede usarse la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \cdot D$$

- $D$  es la densidad básica de la madera, ton d.m.  $m^{-3}$
- Los Factores de Expansión de Biomasa ( $BEF_R$ ) expanden las remociones de madera venable a volumen total de biomasa aérea para compensar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. El  $BEF_R$  no tiene dimensión.

$R$  = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>.  $R$  se debe configurar en cero si el incremento de biomasa en raíces no está incluido en la Ecuación 2.10 (Nivel 1).

$CF$  = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 2.23**  
**CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN MADERA MUERTA Y HOJARASCA DEBIDO A LA CONVERSIÓN EN EL USO DE LA TIERRA**

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \cdot A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

$\Delta C_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año<sup>-1</sup>

$C_o$  = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de uso de la tierra, ton C há<sup>-1</sup>

$C_n$  = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de uso de la tierra, ton C há<sup>-1</sup>

$A_{on}$  = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha

$T_{on}$  = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año. El valor por defecto en el Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

## D. ECUACIONES REFERIDAS A CARBONO DEL SUELO

**ECUACIÓN 2.24**  
**CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LOS SUELOS**

$$\Delta C_{Suelos} = \Delta C_{Minerales} - L_{Orgánicos} + \Delta C_{Inorgánicos}$$

Donde:

$\Delta C_{Suelos}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos, ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{Minerales}$  = cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales, ton C año<sup>-1</sup>

$L_{Orgánicos}$  = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, ton C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{Inorgánicos}$  = cambio anual en las existencias de carbono inorgánico de los suelos, ton C año<sup>-1</sup> (se supone que es 0 a menos que se emplee un método de Nivel 3).

**ECUACIÓN 2.25**  
**CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS MINERALES**

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot FLU_{c,s,i} \cdot FMG_{c,s,i} \cdot FI_{c,s,i} \cdot A_{c,s,i})$$

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es  $\geq 20$  años, véase la nota al pie)

Donde:

$\Delta C_{\text{Minerales}}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, ton C año<sup>-1</sup>

$SOC_0$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, ton C

$SOC_{(0-T)}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, ton C

$SOC_0$  y  $SOC_{(0-T)}$  se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)

T = cantidad de años de un período de inventario dado, año

D = dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores  $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$  y  $F_I$ . Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).

c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión presentes en un país dado.

$SOC_{REF}$  = las existencias de carbono de referencia, ton C há<sup>-1</sup> (Cuadro 2.3)

$F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión

[Nota:  $F_{ND}$  se sustituye por  $F_{LU}$  en el cálculo del C en suelos forestales para estimar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales.

$F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión

$F_I$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

A = superficie de tierra del estrato que se estima, há. Toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

#### ECUACIÓN 2.26

#### PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO DE SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS (CO<sub>2</sub>)

$$L_{Orgánicos} = \sum_c (A \bullet EF)_c$$

Donde:

$L_{orgánica}$  = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, ton C año<sup>-1</sup>

A = superficie de los suelos orgánicos drenados en el tipo de clima c, ha

Nota: La A es la misma superficie ( $F_{os}$ ) que se utiliza para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O en el Capítulo 11, Ecuaciones 11.1 y 11.2.

EF = factor de emisión para el tipo de clima c, ton C há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

## E. ECUACIONES REFERIDAS AL QUEMADO DE BIOMASA

### ECUACIÓN 2.27 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A CAUSA DEL FUEGO

$$L_{\text{fuego}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

$L_{\text{fuego}}$  = cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero (GEI), p. ej., CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, etc.

A = superficie quemada, ha

$M_B$  = masa de combustible disponible para la combustión, ton há<sup>-1</sup>. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1, se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en que hay un cambio en el uso de la tierra (véase la Sección 2.3.2.2).

$C_f$  = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del Cuadro 2.6)

$G_{ef}$  = Factor de emisión, g kg<sup>-1</sup> de materia seca quemada (valores por defecto del Cuadro 2.5).

Nota: Cuando no se dispone de datos para  $M_B$  y  $C_f$ , se puede utilizar un valor por defecto para la cantidad de combustible realmente quemado (el producto de  $M_B$  por  $C_f$ ) (Cuadro 2.4), según la metodología de Nivel 1.

## F. ECUACIONES REFERIDAS AL CULTIVO DEL ARROZ

### ECUACIÓN 5.1 EMISIONES DE CH<sub>4</sub> PRODUCIDAS POR EL CULTIVO DEL ARROZ

$$CH_4 \text{ Arroz} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

Donde:

$CH_4 \text{ Rice}$  = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz, Gg CH<sub>4</sub> año<sup>-1</sup>

$EF_{ijk}$  = un factor de emisión diario para las condiciones  $i, j, y k$ , kg CH<sub>4</sub> há<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

$t_{ijk}$  = período de cultivo del arroz para las condiciones  $i, j, y k$ , días

$A_{ijk}$  = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones  $i, j, y k$ , há año<sup>-1</sup>

$i, j, y k$  = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH<sub>4</sub> producidas por el arroz.

### ECUACIÓN 5.2 FACTOR AJUSTADO DE EMISIÓN DIARIA

$$EF_i = EF_c \cdot SF_w \cdot SF_p \cdot SF_o \cdot SF_{s,r}$$

Donde:

$EF_i$  = factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada

$EF_c$  = factor de emisión básico para tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos

$SF_w$  = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo (del Cuadro 5.12)

$SF_p$  = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo (del Cuadro 5.13)

$SF_o$  = el factor de ajuste debe variar según el tipo y la cantidad de abono orgánico aplicado (de la Ecuación 5.3 y del Cuadro 5.14).

$SF_{s,r}$  = factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar del arroz, etc., si está disponible

**ECUACIÓN 5.3**  
**FACTORES DE AJUSTE DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub> ADAPTADOS PARA ABONOS ORGÁNICOS**

$$SF_o = \left( 1 + \sum_i ROA_i \cdot CFOA_i \right)^{0,59}$$

Donde:

$SF_o$  = factor de ajuste para tipo y cantidad de abono orgánico aplicado

tasa de aplicación de abono orgánico  $i$ , en peso seco para paja y en peso fresco para los demás, en ton há<sub>1</sub>

factor de conversión para abono orgánico  $i$  (en términos de su efecto relativo con respecto a la paja aplicada poco antes del cultivo), como se indica en el Cuadro 5.14.

## G. ECUACIONES REFERIDAS A HUMEDALES

**ECUACIÓN 7.1**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE HUMEDALES**

$$CO_{2\_w} = CO_{2\_Wturba} + CO_{2\_Winund}$$

Donde:

$CO_{2\_w}$  = emisiones de CO<sub>2</sub> de humedales, Gg CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup>

$CO_{2\_Wturba}$  = emisiones de CO<sub>2</sub> de bonales gestionados para la producción de turba, Gg CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup>

$CO_{2\_Winund}$  = emisiones de CO<sub>2</sub> de (tierras convertidas en) Tierras inundadas, Gg CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 7.2**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA**

$$CO_{2\_WWturba} = \left( CO_{2\_CWWturba\ fuera-del-sitio} + CO_{2\_CWWturba\ en-el-sitio} \right) \cdot \left( \frac{44}{12} \right)$$

Donde:

$CO_{2\_WWturba}$  = emisiones de CO<sub>2</sub> de tierras sometidas a extracción de turba, Gg CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup>

$CO_{2\_CWWturba\ fuera-del-sitio\ hortícola}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C fuera del sitio de la turba eliminada para uso hortícola, Gg C año<sup>-1</sup>

$CO_{2\_CWWturba\ en-el-sitio}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C en el sitio de depósitos de turba drenados, Gg C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 7.3**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub>-C DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)**

$$CO_{2\_CWWturba} = CO_{2\_CWWturba\ fuera-del-sitio} + CO_{2\_CWWturba\ en-el-sitio}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba}}$  = emisiones de  $CO_2-C$  de bonales gestionados,  $Gg\ C\ año^{-1}$

$CO_2-C_{WW_{turba\ en-el-sitio}}$  = emisiones en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción),  $Gg\ C\ año^{-1}$

$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}}$  = emisiones fuera del sitio de turba extraída para uso hortícola,  $Gg\ C\ año^{-1}$

**ECUACIÓN 7.4**  
**EMISIONES EN EL SITIO DE  $CO_2-C$  DEL SUELO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)**

$$CO_2-C_{WW_{turba\ en-el-sitio}} = \left[ \frac{(A_{turbaRica} \cdot EF_{CO_2_{turbaRica}}) + (A_{turbaPobre} \cdot EF_{CO_2_{turbaPobre}})}{1000} \right] + \Delta C_{WW_{turbaB}}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba\ en-el-sitio}}$  = emisiones de  $CO_2-C$  en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción),  $Gg\ C\ año^{-1}$

$A_{turbaRica}$  = superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há

$A_{turbaPobre}$  = superficie de suelos con turba pobre en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há

$EF_{CO_2_{turbaRica}}$  = factores de emisión de  $CO_2$  para suelos de turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba,  $ton\ C\ há^{-1}\ año^{-1}$

$EF_{CO_2_{turbaPobre}}$  = factores de emisión de  $CO_2$  para suelos de turba pobre en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba,  $ton\ C\ há^{-1}\ año^{-1}$

$\Delta C_{WW_{turbaB}}$  = emisiones de  $CO_2-C$  producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa por desmonte de la vegetación,  $Gg\ C\ año^{-1}$

**ECUACIÓN 7.5**  
**EMISIONES DE  $CO_2-C$  FUERA DEL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)**

$$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}} = \frac{(Wt_{seco\_turba} \cdot Cfracción_{wt\_turba})}{1000}$$

o

$$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}} = \frac{(Vol_{seco\_turba} \cdot Cfracción_{vol\_turba})}{1000}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}}$  = emisiones de  $CO_2-C$  fuera del sitio de turba eliminada para uso hortícola,  $Gg\ C\ año^{-1}$

$Wt_{turba\_seco}$  = peso en aire seco de la turba extraída,  $ton\ año^{-1}$

$Vol_{turba\_seco}$  = volumen de turba en aire seco extraída,  $m^3\ año^{-1}$

$Cfracción_{wt\_turba}$  = fracción de carbono en aire seco por peso,  $(ton\ de\ turba\ en\ aire\ seco)^{-1}$

$Cfracción_{vol\_turba}$  = fracción de carbono en aire seco por volumen,  $ton\ C\ (m^3\ de\ turba\ en\ aire\ seco)^{-1}$

**ECUACIÓN 7.6****EMISIONES DE CO<sub>2</sub>-C EN EL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVELES 2 Y 3)**

$$CO_2-C_{WW_{turba\text{-en-el-sitio}}} = \left( CO_2-C_{WW_{turba\text{conversión}}} + CO_2-C_{WW_{turba\text{extracción}}} + \right. \\ \left. CO_2-C_{WW_{turba\text{reservas}}} + CO_2-C_{WW_{turba\text{turba}}} \right)$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba\text{-en-el-sitio}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C en el sitio de depósitos de turba, Gg C año<sup>-1</sup>

$CO_2-C_{WW_{turba\text{conversión}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C en el sitio de la conversión de tierras para extracción de turba, Gg C año<sup>-1</sup>

$CO_2-C_{WW_{turba\text{extracción}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C desde la superficie de la zona de extracción de turba, Gg C año<sup>-1</sup>

$CO_2-C_{WW_{turba\text{reservas}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C desde reservas de turba previas a su remoción del sitio, Gg C año<sup>-1</sup>

$CO_2-C_{WW_{turba\text{post}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C desde suelos de bonales abandonados cortados, Gg C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 7.7****EMISIONES DE N<sub>2</sub>O DE BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA**

$$N_2O_{WW_{turba\text{Extracción}}} = \left( A_{turba\text{Rica}} \cdot EF_{N_2O-N_{turba\text{Rica}}} \right) \cdot \frac{44}{28} \cdot 10^{-6}$$

Donde:

$N_2O_{WW_{turba\text{Extracción}}}$  = emisiones directas de N<sub>2</sub>O de bonales gestionados para extracción de turba, Gg N<sub>2</sub>O año<sup>-1</sup>

$A_{turba\text{Rica}}$  = superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluyendo áreas abandonadas en las que el drenaje siga estando presente, há

$EF_{N_2O-N_{turba\text{Rica}}}$  = factor de emisión para suelos orgánicos de humedales drenados ricos en nutrientes, kg N<sub>2</sub>O-N há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 7.8****EMISIONES DE CO<sub>2</sub>-C EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA**

$$CO_2-C_{LW_{turba\text{-en-el-sitio}}} = \left( -\Delta C_{WW_{turba\text{B}}} \right) + \left( -\Delta C_{WW_{turba\text{DOM}}} \right) + CO_2-C_{LW_{turba\text{-drenaje}}}$$

Donde:

$CO_2-C_{LW_{turba\text{-en-el-sitio}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C de tierras en conversión para extracción de turba, Gg C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{WW_{turba\text{B}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa viva, Gg C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{WW_{turba\text{DOM}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C producidas por cambios en las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta, Gg C año<sup>-1</sup>

$CO_2-C_{LW_{turba\text{-drenaje}}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C de suelos durante el drenaje, Gg C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 7.9**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub>-C DEL SUELO EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA**

$$CO_2-C_{LW_{drenaje\_turba}} = \left[ \frac{\left( A_{turba_{Rica\_drenada}} \cdot EF_{CO_2_{turba_{Rica\_drenada}}} \right) + \left( A_{turba_{Pobre\_drenada}} \cdot EF_{CO_2_{turba_{Rica\_drenada}}} \right)}{1000} \right]$$

Donde:

$CO_2-C_{LW_{drenaje\_turba}}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>-C de suelos en tierras convertidas para extracción de turba, Gg C año<sup>-1</sup>

$A_{drenada_{turba_{Rica}}}$  = superficie de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, há

$A_{turba_{drenada_{Pobre}}}$  = superficie de suelos de turba pobre en nutrientes bajo drenaje, há

$EF_{CO_2_{turba_{drenada_{Rica}}}}$  = factores de emisión de CO<sub>2</sub>-C de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, ton C há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$EF_{CO_2_{turba_{drenada_{Pobre}}}}$  = factores de emisión de CO<sub>2</sub>-C de suelos de turba pobre en nutrientes bajo drenaje, ton C há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 7.10**  
**CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS PERMANENTEMENTE INUNDADAS**

$$\Delta C_{LWinund_{LB}} = \left[ \sum_i A_i \cdot (B_{Después_i} - B_{Antes_i}) \right] \cdot CF$$

$$CO_{2\_LWinund} = \Delta C_{LWinund_{LB}} \cdot \frac{-44}{12}$$

Donde:

$\Delta C_{LWinund_{LB}}$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton C año<sup>-1</sup>

$A_i$  = superficie de tierras convertidas anualmente en Tierras inundadas a partir del uso original de la tierra, há año<sup>-1</sup>

$B_{Después_i}$  = biomasa inmediatamente después de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há<sup>-1</sup> (defecto = 0)

$B_{Antes_i}$  = biomasa inmediatamente antes de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há<sup>-1</sup>

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,5), ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

$CO_{2\_LWinund}$  = emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup>

## H. ECUACIONES REFERIDAS A GANADO

**ECUACIÓN 10.1**  
**POBLACIÓN PROMEDIO ANUAL**

$$AAP = Días\_viva \cdot \left( \frac{NAPA}{365} \right)$$

Donde:

AAP = población promedio anual  
 NAPA = cantidad de animales producidos anualmente

**ECUACIÓN 10.2**  
**COEFICIENTE PARA CALCULAR LA ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO**

$$Cf_i (\text{en } \text{frío}) = Cf_i + 0,0048 \cdot (20 - ^\circ C)$$

Donde:

$Cf_i$  = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular  $NE_m$ ),  $\text{MJ día}^{-1} \text{kg}^{-1}$

$^\circ C$  = temperatura diaria media durante la temporada invernal.

**ECUACIÓN 10.3**  
**ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO**

$$NE_m = Cf_i \cdot (\text{Peso})^{0,75}$$

Donde:

$NE_m$  = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento,  $\text{MJ día}^{-1}$

$Cf_i$  = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular  $NE_m$ ),  $\text{MJ día}^{-1} \text{kg}^{-1}$

Peso = peso vivo del animal, kg.

**ECUACIÓN 10.4**  
**ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)**

$$NE_a = C_a \cdot NE_m$$

Donde:

$NE_a$  = energía neta para la actividad animal,  $\text{MJ día}^{-1}$

$C_a$  = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5, Coeficientes de actividad)

$NE_m$  = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3),  $\text{MJ día}^{-1}$

**ECUACIÓN 10.5**  
**ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA OVINOS)**

$$NE_a = C_a \cdot (\text{peso})$$

Donde:

$NE_a$  = energía neta para la actividad animal,  $\text{MJ día}^{-1}$

$C_a$  = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5),  $\text{MJ día}^{-1} \text{kg}^{-1}$

peso = peso vivo del animal, kg.

**ECUACIÓN 10.6**  
**ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)**

$$NE_g = 22,02 \cdot \left( \frac{BW}{C \cdot MW} \right)^{0,75} \cdot WG^{1,097}$$

Donde:

- $NE_g$  = energía neta necesaria para el crecimiento, MJ día<sup>-1</sup>  
 $BW$  = peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población, kg  
 $C$  = un coeficiente con un valor de 0,8 para hembras, 1,0 para castrados y 1,2 para toros (NRC, 1996)  
 $MW$  = peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg  
 $WG$  = aumento de peso diario promedio de los animales de la población, kg día<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 10.7**  
**ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA OVINOS)**

$$NE_g = \frac{WG_{\text{cordero}} \cdot (a + 0,5b(BW_i + BW_f))}{365}$$

Donde:

- $NE_g$  = energía neta para el crecimiento, MJ día<sup>-1</sup>  
 $WG_{\text{cordero}}$  = el aumento de peso ( $BW_f - BW_i$ ), kg año<sup>-1</sup>  
 $BW_i$  = peso corporal vivo al destete, kg  
 $BW_f$  = peso corporal vivo al año de edad o al sacrificio (peso vivo) si se lo sacrifica antes del año de edad, kg  
 $a, b$  = constantes según lo descrito en el Cuadro 10.6.

**ECUACIÓN 10.8**  
**ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA (PARA VACUNOS DE CARNE, GANADO LECHERO Y BÚFALOS)**

$$NE_l = Leche \cdot (1,47 + 0,40 \cdot Grasa)$$

Donde:

- $NE_l$  = energía neta para lactancia, MJ día<sup>-1</sup>  
 $Leche$  = cantidad de leche producida, kg de leche día<sup>-1</sup>  
 $Grasa$  = contenido graso de la leche, % sobre peso.

**ECUACIÓN**  
**ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA OVINA (PRODUCCIÓN DE LECHE CONOCIDA)**

$$NE_l = Leche \cdot EV_{\text{leche}}$$

Donde:

- $NE_l$  = energía neta para lactancia, MJ día<sup>-1</sup>  
 $Leche$  = cantidad de leche producida, kg de leche día<sup>-1</sup>  
 $EV_{\text{leche}}$  = la energía neta requerida para producir 1 kg de leche. Se puede usar un valor por defecto de 4,6 MJ/kg (AFRC, 1993) que corresponde a un contenido graso de la leche del 7% de su peso

**ECUACIÓN 10.10**  
**ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA OVINA (PRODUCCIÓN DE LECHE DESCONOCIDA)**

$$NE_1 = \left[ \frac{(5 \cdot WG_{destete})}{365} \right] \cdot EV_{leche}$$

Donde:

$NE_1$  = energía neta para lactancia, MJ día<sup>-1</sup>

$WG_{destete}$  = aumento de peso del cordero desde el nacimiento hasta el destete, kg

$EV_{leche}$  = la energía necesaria para producir 1 kg de leche, MJ kg<sup>-1</sup>. Se puede usar un valor por defecto de 4,6 MJ kg<sup>-1</sup> (AFRC, 1993).

**ECUACIÓN 10.11**  
**ENERGÍA NETA PARA EL TRABAJO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)**

$$NE_{trabajo} = 0,10 \cdot NE_m \cdot Horas$$

Donde:

$NE_{trabajo}$  = energía neta para el trabajo, MJ día<sup>-1</sup>

$NE_m$  = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día<sup>-1</sup>

Horas = cantidad de horas de trabajo por día

**ECUACIÓN 10.12**  
**ENERGÍA NETA PARA PRODUCIR LANA (PARA OVINOS)**

$$NE_{lana} = \left( \frac{EV_{lana} \cdot Producción_{lana}}{365} \right)$$

Donde:

$NE_{lana}$  = energía neta requerida para producir lana, MJ día<sup>-1</sup>

$EV_{lana}$  = el valor en energía de cada kg de lana producido (pesada después del secado pero antes del lavado), MJ kg<sup>-1</sup>. Se puede usar un valor por defecto de 24 MJ kg<sup>-1</sup> (AFRC, 1993) para esta estimación.

$Producción_{lana}$  = producción anual de lana por ovino (kg año<sup>-1</sup>)

**ECUACIÓN 10.13**  
**ENERGÍA NETA PARA PREÑEZ (PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)**

$$NE_p = C_{preñez} \cdot NE_m$$

Donde:

$NE_p$  = energía neta requerida para la preñez, MJ día<sup>-1</sup>

$C_{preñez}$  = coeficiente de preñez (véase el Cuadro 10.7)

$NE_m$  = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 10.14**  
**RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA DISPONIBLE EN UNA DIETA PARA MANTENIMIENTO Y LA ENERGÍA DIGERIBLE CONSUMIDA**

$$REM = \left[ 1.123 - (4.092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left( \frac{25,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

**ECUACIÓN 10.15**  
**RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA DISPONIBLE EN UNA DIETA PARA CRECIMIENTO Y LA ENERGÍA DIGERIBLE CONSUMIDA**

$$REG = \left[ 1.164 - (5.160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left( \frac{37,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REG = relación entre la energía neta disponible para crecimiento en una dieta y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

**ECUACIÓN 10.16**  
**ENERGÍA BRUTA PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)**

$$GE = \left[ \frac{\left( \frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left( \frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

GE = energía bruta, MJ día<sup>-1</sup>

NE<sub>m</sub> = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día<sup>-1</sup>

NE<sub>a</sub> = energía neta para la actividad animal (Ecuaciones 10.4 y 10.5), MJ día<sup>-1</sup>

NE<sub>l</sub> = energía neta para lactancia (Ecuaciones 10.8, 10.9 y 10.10), MJ día<sup>-1</sup>

NE<sub>trabajo</sub> = energía neta para el trabajo (Ecuación 10.11), MJ día<sup>-1</sup>

NE<sub>p</sub> = energía neta requerida para la preñez (Ecuación 10.13), MJ día<sup>-1</sup>

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (Ecuación 10.14)

NE<sub>g</sub> = energía neta necesaria para el crecimiento (Ecuaciones 10.6 y 10.7), MJ día<sup>-1</sup>

NE<sub>lana</sub> = energía neta requerida para producir un año de lana (Ecuación 10.12), MJ día<sup>-1</sup>

REG = relación entre la energía neta disponible para crecimiento en una dieta y la energía digerible consumida (Ecuación 10.15)

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

**ECUACIÓN 10.17**  
**ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA GANADO EN CRECIMIENTO Y EN TERMINACIÓN**

$$DMI = BW^{0,75} \cdot \left[ \frac{(0,2444 \cdot NE_{ma} - 0,0111 \cdot NE_{ma}^2 - 0,472)}{NE_{ma}} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día<sup>-1</sup>

BW = peso corporal en pie, kg

NE<sub>ma</sub> = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto del Cuadro 10.8, MJ kg<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 10.18A**  
**ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA GANADO MADURO**

$$DMI = BW^{0,75} \cdot \left[ \frac{(0,0119 \cdot NE_{ma}^2 + 0,1938)}{NE_{ma}} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día<sup>-1</sup>

BW = peso corporal en pie, kg

NE<sub>ma</sub> = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto del Cuadro 10.8, MJ kg<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 10.18B**  
**ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA VACAS LECHERAS MADURAS**

$$DMI = \left[ \frac{\left( \frac{(5,4 \cdot BW)}{500} \right)}{\left( \frac{(100 - DE\%)}{100} \right)} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día<sup>-1</sup>

BW = peso corporal en pie, kg

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta (habitualmente, entre 45 y 55% para forrajes de baja calidad)

**ECUACIÓN 10.19**  
**EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO**

$$Emisiones = EF_{(T)} \cdot \left( \frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Donde:

Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH<sub>4</sub> año<sup>-1</sup>

EF<sub>(T)</sub> = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH<sub>4</sub> cabeza<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$N_{(T)}$  = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado  $T$  del país  
 $T$  = especie/categoría de ganado

**ECUACIÓN 10.20**  
**EMISIONES TOTALES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO**

$$\text{Total CH}_{4\text{Entérica}} = \sum_i E_i$$

Donde:

Total  $\text{CH}_{4\text{Entérica}}$  = emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg  $\text{CH}_4$  año<sup>-1</sup>

$E_i$  = emisiones de las  $i^\circ$  categorías y subcategorías de ganado

**ECUACIÓN 10.21**  
**FACTORES DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub> POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO**

$$EF = \left[ \frac{GE \cdot \left( \frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right]$$

Donde:

EF = factor de emisión, kg  $\text{CH}_4$  cabeza<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

GE = ingesta de energía bruta, MJ cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

$Y_m$  = factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

El factor 55,65 (MJ/kg  $\text{CH}_4$ ) es el contenido de energía del metano.

**ECUACIÓN 10.22**  
**EMISIONES DE CH<sub>4</sub> DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$\text{CH}_{4\text{Estiércol}} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \cdot N_{(T)})}{10^6}$$

Donde:

$\text{CH}_{4\text{Estiércol}}$  = emisiones de  $\text{CH}_4$  por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg  $\text{CH}_4$  año<sup>-1</sup>

$EF_{(T)}$  = factor de emisión para la población de ganado definida, kg  $\text{CH}_4$  cabeza<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$N_{(T)}$  = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado  $T$  del país

$T$  = especie/categoría de ganado

**ECUACIÓN 10.23**  
**FACTOR DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub> DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[ B_{o(T)} \cdot 0,67 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \cdot MS_{(T,S,k)} \right]$$

Donde:

$EF_{(T)}$  = factor de emisión anual de  $\text{CH}_4$  para la categoría de ganado  $T$ , kg  $\text{CH}_4$  animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$VS_{(T)}$  = sólidos volátiles excretados por día en la categoría de ganado  $T$ , kg materia seca animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

- 365 = base para calcular la producción anual de VS, días año<sup>-1</sup>
- $B_{o(T)}$  = capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado de la categoría  $T$ , m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> de VS excretados
- 0,67 = factor de conversión de m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> a kilos de CH<sub>4</sub>
- $MCF_{(S,k)}$  = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol  $S$  por región climática  $k$ , %
- $MS_{(T,S,k)}$  = fracción del estiércol del ganado de la categoría  $T$  manejado usando el sistema de gestión del estiércol  $S$  en la región climática  $k$ , sin dimensión

**ECUACIÓN 10.24****TASAS DE EXCRECIÓN DE SÓLIDOS VOLÁTILES**

$$VS = \left[ GE \cdot \left( 1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE \cdot GE) \right] \cdot \left[ \left( \frac{1 - CENIZA}{18,45} \right) \right]$$

Donde:

- VS excreción de sólidos volátiles por día en base a materia orgánica seca, kg VS día<sup>-1</sup>
- GE = ingesta de energía bruta, MJ día<sup>-1</sup>
- DE% = digestibilidad del alimento en porcentaje (p. ej., 60%)
- (UE • GE) = energía urinaria expresada como fracción de la GE. Habitualmente, se puede considerar una excreción de energía urinaria de 0,04GE para la mayoría de los rumiantes (reducir a 0,02 para rumiantes alimentados con 85% o más de grano en la dieta o para porcinos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de ellos.
- CENIZA = el contenido de ceniza del estiércol calculado como fracción de la ingesta alimentaria de materia seca (p. ej., 0,08 para vacunos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de ellos.
- 18,45 = factor de conversión para GE dietaria por kg de materia seca (MJ kg<sup>-1</sup>). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

**ECUACIÓN 10.25****EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_2O_{D(mm)} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

- $N_2O_{D(mm)}$  = emisiones directas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol del país, kg N<sub>2</sub>O año<sup>-1</sup>
- $N_{(T)}$  = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado  $T$  del país
- $Nex_{(T)}$  = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría  $T$  en el país, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- $MS_{(T,S)}$  = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado  $T$  que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol  $S$  en el país, sin dimensión
- $EF_{3(S)}$  = factor de emisión para emisiones directas de N<sub>2</sub>O del sistema de gestión del estiércol  $S$  en el país, kg N<sub>2</sub>O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol  $S$
- $S$  = sistema de gestión del estiércol
- $T$  = especie/categoría de ganado
- 44/28 = conversión de emisiones de (N<sub>2</sub>O-N)<sub>(mm)</sub> a emisiones de N<sub>2</sub>O<sub>(mm)</sub>

**ECUACIÓN 10.26**

**PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LA VOLATILIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_{\text{volatilización-MMS}} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ \left( N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left( \frac{Frac_{\text{GasMS}}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Donde:

$N_{\text{volatilización-MMS}}$  = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$ ,  $\text{kg N año}^{-1}$

$N_{(T)}$  = cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado  $T$  del país

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

$MS_{(T,S)}$  = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado  $T$  que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol  $S$  en el país, sin dimensión

$Frac_{\text{GasMS}}$  = porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado  $T$  que se volatiliza como  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$  en el sistema de gestión del estiércol  $S$ , %

**ECUACIÓN 10.27**

**EMISIONES INDIRECTAS DE  $\text{N}_2\text{O}$  DEBIDAS A VOLATILIZACIÓN DE N DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_2O_{G(mm)} = \left( N_{\text{volatilización-MMS}} \cdot EF_4 \right) \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

$N_2O_{G(mm)}$  = emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país,  $\text{kg N}_2\text{O año}^{-1}$

$EF_4$  = factor de emisión para emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua,  $\text{kg N}_2\text{O-N (kg NH}_3\text{-N + NO}_x\text{-N volatilizado)}^{-1}$ ; el valor por defecto es  $0,01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg NH}_3\text{-N + NO}_x\text{-N volatilizado)}^{-1}$ , dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

**ECUACIÓN 10.28**

**PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_{\text{lixiviación-MMS}} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ \left( N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left( \frac{Frac_{\text{lixiviaciónMS}}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Donde:

$N_{\text{lixiviación-MMS}}$  = cantidad de nitrógeno del estiércol que lixiviana de los sistemas de gestión del estiércol,  $\text{kg N año}^{-1}$

$N_{(T)}$  = cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado  $T$  del país

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

$MS_{(T,S)}$  = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado  $T$  que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol  $S$  en el país, sin dimensión

$Frac_{\text{lixiviaciónMS}}$  = porcentaje de pérdidas de nitrógeno del estiércol gestionado de la categoría  $T$  debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol (rango típico: 1-20%).

**ECUACIÓN 10.29****EMISIONES INDIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_2O_{L(mm)} = (N_{\text{lixiviación-MMS}} \cdot EF_5) \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

$N_2O_{L(mm)}$  = emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O debidas a lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol del país, kg N<sub>2</sub>O año<sup>-1</sup>

$EF_5$  = factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, kg N<sub>2</sub>O-N/kg N lixiviado y escurrido (valor por defecto 0,0075 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N lixiviado/escurrido)<sup>-1</sup>, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

**ECUACIÓN 10.30****TASAS DE EXCRECIÓN ANUAL DE N**

$$Nex_{(T)} = N_{\text{índice}(T)} \cdot \frac{TAM}{1000} \cdot 365$$

Donde:

$Nex_{(T)}$  = excreción anual de N para la categoría de ganado  $T$ , kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$N_{\text{índice}(T)}$  = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1 000 kg masa animal)<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (véase el Cuadro 10.19)

$TAM_{(T)}$  = masa animal típica para la categoría de ganado  $T$ , kg animal<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 10.31****TASAS DE EXCRECIÓN ANUAL DE N (NIVEL 2)**

$$Nex_{(T)} = N_{\text{ingesta}(T)} \cdot (1 - N_{\text{retención}(T)})$$

Donde:

$Nex_{(T)}$  = tasa de excreción anual de N, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$N_{\text{ingesta}(T)}$  = ingesta anual de N por cabeza de la especie/categoría animal  $T$ , kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$N_{\text{retención}(T)}$  = fracción de la ingesta anual de N retenida por el animal de la especie/categoría  $T$ , sin dimensión

**ECUACIÓN 10.32****TASAS DE INGESTA DE N PARA VACUNOS**

$$N_{\text{ingesta}(T)} = \frac{GE}{18,45} \cdot \left( \frac{CP\%}{6,25} \right)$$

Donde:

$N_{\text{ingesta}(T)}$  = N consumido diariamente por animal de la categoría  $T$ , kg N animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

$GE$  = ingesta de energía bruta del animal, en modelo entérico, basada en energía digerible, producción de leche, preñez, peso actual, peso maduro, tasa de aumento de peso, y constantes del IPCC, MJ animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

18.45 = fracción de conversión para GE dietaria por kg de materia seca, MJ kg<sup>-1</sup>. Este valor es relativamente constante para toda una amplia gama de alimentos de forraje y basados en granos que consume habitualmente el ganado.

$CP\%$  = porcentaje de proteína cruda de la dieta, aporte

6.25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína en el alimento (kg N)<sup>-1</sup>

$$\begin{array}{c}
 \text{ECUACIÓN 10.33} \\
 \text{TASAS DE N RETENIDO PARA VACUNOS} \\
 N_{\text{retención}(T)} = \left[ \frac{\text{Leche} \cdot \left( \frac{\text{Leche PR}\%}{100} \right)}{6,38} \right] + \left[ \frac{\text{WG} \cdot \left[ 268 - \left( \frac{7,03 \cdot \text{NE}_g}{\text{WG}} \right) \right]}{\frac{1\_000}{6,25}} \right]
 \end{array}$$

Donde:

$N_{\text{retención}(T)}$  = N retenido diariamente por animal de la categoría  $T$ , kg N animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

Leche = producción de leche, kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (sólo aplicable a vacas lecheras)

Leche PR% = porcentaje de proteína de la leche, calculado como  $[1,9 + 0,4 \cdot \% \text{Grasa}]$ , donde %Grasa es una entrada, supuesta como 4% (sólo aplicable a vacas lecheras)

6,38 = conversión de proteína de la leche a N de la leche, kg proteína (kg N)<sup>-1</sup>

WG = aumento de peso, entrada para cada categoría de ganado, kg día<sup>-1</sup>

268 y 7,03 = constantes de la Ecuación 3-8 del NRC (1996)

NE<sub>g</sub> = energía neta para crecimiento, calculada en la caracterización del ganado sobre la base del peso actual, el peso maduro, la tasa de aumento de peso y las constantes del IPCC, MJ día<sup>-1</sup>

1\_000 = conversión de gramos por kilo, g kg<sup>-1</sup>

6,25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína (kg N)<sup>-1</sup>

$$\begin{array}{c}
 \text{ECUACIÓN 10.34} \\
 \text{N DE ESTIÉRCOL GESTIONADO DISPONIBLE PARA APLICACIÓN EN SUELOS GESTIONADOS, COMO} \\
 \text{ALIMENTO, COMBUSTIBLE O EN LA CONSTRUCCIÓN} \\
 N_{\text{MMS\_Avb}} = \sum_S \left\{ \sum_{(T)} \left[ \left[ \left( N_{(T)} \cdot \text{Nex}_{(T)} \cdot \text{MS}_{(T,S)} \right) \cdot \left( 1 - \frac{\text{Frac PérdidaMS}}{100} \right) \right] + \left[ N_{(T)} \cdot \text{MS}_{(T,S)} \cdot N_{\text{camaMS}} \right] \right] \right\}
 \end{array}$$

Donde:

$N_{\text{MMS\_Avb}}$  = cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados o para alimento, combustible o para la construcción, kg N año<sup>-1</sup>

$N_{(T)}$  = cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado  $T$  del país

$\text{Nex}_{(T)}$  = promedio anual de excreción de N por animal de la especie/categoría  $T$  en el país, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$\text{MS}_{(T,S)}$  = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado  $T$  que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol  $S$  en el país, sin dimensión

$\text{Frac PérdidaMS}$  = cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado  $T$  que se pierde en el sistema de gestión del estiércol  $S$ , % (véase el Cuadro 10.23)

$N_{\text{camaMS}}$  = cantidad de nitrógeno de las camas (a aplicar para almacenamiento de sólidos y MMS de cama profunda si se utiliza una cama orgánica conocida), kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

$S$  = sistema de gestión del estiércol

$T$  = especie/categoría de ganado

# I. ECUACIONES REFERIDAS A EMISIONES DE N<sub>2</sub>O Y A OTRAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE SUELOS GESTIONADOS

## ECUACIÓN 11.1

### EMISIONES DIRECTAS DE N<sub>2</sub>O DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 1)

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

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:

- $N_2O_{Directa-N}$  = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N de suelos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- $N_2O-N_{N\text{ aportes}}$   
N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup> = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N de aportes de N a suelos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- $N_2O-N_{OS}$   
año<sup>-1</sup> = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- $N_2O-N_{PRP}$  = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- $F_{SN}$  = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año<sup>-1</sup>
- $F_{ON}$  = 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 N<sub>2</sub>O del N contenido en los barros cloacales), kg N año<sup>-1</sup>
- $F_{CR}$  = 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<sup>-1</sup>
- $F_{SOM}$  = 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<sup>-1</sup>
- $F_{OS}$  = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, há (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templadas, Tropicales, Ricas en nutrientes y Pobres en nutrientes, respectivamente).
- $F_{PRP}$  = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre las pasturas, prados y praderas, kg N año<sup>-1</sup> (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).
- $EF_1$  = factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de aportes de N, kg N<sub>2</sub>O-N (kg aporte de N)<sup>-1</sup> (Cuadro 11.1)
- $EF_{1FR}$  = factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de aportes de N a arroz inundado, kg N<sub>2</sub>O-N (kg aporte de N)<sup>-1</sup> (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, Templadas, Tropicales, Ricas en nutrientes y Pobres 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).

$$\begin{aligned}
 & \text{ECUACIÓN 11.2} \\
 & \text{EMISIONES DIRECTAS DE } N_2O \text{ DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 2)} \\
 & N_2O_{Directas}-N = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i \cdot EF_{i1} + (F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PR}
 \end{aligned}$$

Donde:

$EF_{i1}$  = factores de emisión desarrollados para emisiones de  $N_2O$  de la aplicación de fertilizantes sintéticos y N orgánico bajo condiciones  $i$  ( $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ );  $i = 1, \dots, n$ .

$$\begin{aligned}
 & \text{ECUACIÓN 11.3} \\
 & \text{N DE AGREGADOS DE N ORGÁNICO APLICADOS A LOS SUELOS (NIVEL 1)} \\
 & F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}
 \end{aligned}$$

Donde:

$F_{ON}$  = cantidad total anual de fertilizante de N orgánico aplicado a los suelos, a excepción del 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*),  $kg\ N\ año^{-1}$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{ECUACIÓN 11.4} \\
 & \text{N DE ESTIÉRCOL ANIMAL APLICADO A LOS SUELOS (NIVEL 1)} \\
 & F_{AM} = N_{MMS\ Avb} \cdot \left[ 1 - \left( Frac_{ALIM} + Frac_{COMBUST} + Frac_{CNST} \right) \right]
 \end{aligned}$$

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

**ECUACIÓN 11.5****N DE LA ORINA Y EL ESTIÉRCOL DEPOSITADO POR ANIMALES DE PASTOREO EN PASTURAS, PRADOS Y PRADERAS (NIVEL 1)**

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

Donde:

$F_{PRP}$  = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año<sup>-1</sup>

$N_{(T)}$  = 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, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (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 (véase el Capítulo 10, Sección 10.5)

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

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \left[ Cultivo_{(T)} \cdot \left( Superf_{(T)} - Superf_{quemada_{(T)}} \cdot C_f \right) \cdot Frac_{Renov(T)} \right] + \left[ R_{AG(T)} \cdot N_{AG(T)} \cdot (1 - Frac_{Remoc(T)}) + R_{BG(T)} \cdot N_{BG(T)} \right] \right\}$$

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<sup>-1</sup>

$Cultivo_{(T)}$  = rendimiento anual de materia seca cosechada para el cultivo  $T$ , kg d.m. há<sup>-1</sup>

$Superf_{(T)}$  = total de superficie anual de cosecha del cultivo  $T$ , há año<sup>-1</sup>

$Superf_{quemada_{(T)}}$  = superficie anual del cultivo  $T$  quemada, há año<sup>-1</sup>

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

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

$R_{AG(T)}$  = relación entre la materia seca de los residuos aéreos ( $AG_{DM(T)}$ ) y el rendimiento de cosecha del cultivo  $T$  ( $Cultivo_{(T)}$ ), kg d.m. (kg d.m.)<sup>-1</sup>,

$$= AG_{DM(T)} \cdot 1000 / Cultivo_{(T)} \text{ (calculando } AG_{DM(T)} \text{ a partir de la información del Cuadro 11.2)}$$

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

$Frac_{Remoc(T)}$  = 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)<sup>-1</sup>. Se requiere un sondeo a cargo de expertos del país para obtener los datos. Si no se dispone de datos respecto a  $Frac_{Remoc}$ , 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.)<sup>-1</sup>. 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 ( $= [(AG_{DM(T)} \cdot 1000 + Cultivo_{(T)}) / Cultivo_{(T)}]$ , (también calculando  $AG_{DM(T)}$  a partir de la información del Cuadro 11.2).

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

$T$  tipo de cultivo o forraje

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

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

Donde:

Crop<sub>(T)</sub> = rendimiento de materia seca cosechada para el cultivo *T*, kg d.m. há<sup>-1</sup>

Rendim\_Fresco<sub>(T)</sub> = rendimiento en fresco cosechado para el cultivo *T*, kg peso fresco há<sup>-1</sup>

SECO = fracción de materia seca del cultivo cosechado *T*, kg d.m. (kg peso fresco)<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 11.7A**  
**MÉTODO ALTERNATIVO PARA ESTIMAR F<sub>CR</sub> (USANDO EL CUADRO 11.2)**

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

Donde:

F<sub>CR</sub> = 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<sup>-1</sup>

**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)**

$$F_{SOM} = \sum_{LU} \left[ \left( \Delta C_{Minerales, LU} \bullet \frac{1}{R} \right) \bullet 1000 \right]$$

Donde:

F<sub>SOM</sub> = la 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

ΔC<sub>Minerales, LU</sub> = pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (*LU*), ton C (Nota: para el Nivel 1, el ΔC<sub>minerales, LU</sub> tendrá un único valor para todos los usos de la tierra y sistemas de gestión. Empleando el Nivel 2, el valor de ΔC<sub>Minerales, LU</sub> se desagrega 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 gestión. 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 y/o sistema de gestión de la tierra.

**ECUACIÓN 11.9**  
**N<sub>2</sub>O PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 1)**

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

Donde:

$N_2O_{(ATD)-N}$  = cantidad anual de  $N_2O-N$  producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados,  $kg N_2O-N \text{ año}^{-1}$

$F_{SN}$  = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético,  $kg N \text{ año}^{-1}$

$Frac_{GASF}$  = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como  $NH_3$  y  $NO_x$ ,  $kg N \text{ volatilizado (kg de N aplicado)}^{-1}$  (Cuadro 11.3)

$F_{ON}$  = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos,  $kg N \text{ yr}^{-1}$

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

$Frac_{GASM}$  = 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  $NH_3$  y  $NO_x$ ,  $kg N \text{ volatilizado (kg de N aplicado o depositado)}^{-1}$  (Cuadro 11.3)

$EF_4$  = factor de emisión correspondiente a las emisiones de  $N_2O$  de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [ $kg N-N_2O (kg NH_3-N + NO_x-N \text{ volatilizado})^{-1}$ ] (Cuadro 11.3)

#### ECUACIÓN 11.10

**EMISIONES DE  $N_2O$  POR LIXIVIACIÓN/ESCURRIMIENTO DE SUELOS GESTIONADOS EN REGIONES DONDE SE PRODUCEN ESTOS FENÓMENOS (NIVEL 1)**

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

Donde:

$N_2O_{(L)-N}$  = cantidad anual de  $N_2O-N$  producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos,  $kg N_2O-N \text{ año}^{-1}$

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

$F_{ON}$  = 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,  $kg N \text{ año}^{-1}$

$F_{PRP}$  = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento,  $kg N \text{ año}^{-1}$  (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, devueltos a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento,  $kg N \text{ año}^{-1}$

$F_{SOM}$  = 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,  $kg N \text{ yr}^{-1}$  (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,  $kg N (kg \text{ de agregados de N})^{-1}$  (Cuadro 11.3)

$EF_5$  = factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  por lixiviación y escurrimiento,  $kg N_2O-N (kg N \text{ por lixiviación y escurrido})^{-1}$  (Cuadro 11.3)

#### ECUACIÓN 11.11

**$N_2O$  PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 2)**

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

Donde:

$N_2O_{(ATD)-N}$  = cantidad anual de  $N_2O-N$  producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados,  $kg N_2O-N \text{ año}^{-1}$

$F_{SN}$  = cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicada a los suelos bajo diferentes condiciones  $i$ , kg N año<sup>-1</sup>

$Frac_{GASF_i}$  = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> bajo diferentes condiciones  $i$ , kg N volatilizado (kg de N aplicado)<sup>-1</sup>

$F_{ON}$  = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N yr<sup>-1</sup>

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

$Frac_{GASM}$  = 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 NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)<sup>-1</sup> (Cuadro 11.3)

$EF_4$  = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N<sub>2</sub>O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N-N<sub>2</sub>O (kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizado)<sup>-1</sup>] (Cuadro 11.3)

**ECUACIÓN 11.12**

**EMISIONES ANUALES DE CO<sub>2</sub>-C POR APLICACIÓN DE CAL**

$$CO_2-C \text{ Emisión} = (M_{Caliza} \bullet EF_{Caliza}) + (M_{Dolomita} \bullet EF_{Dolomita})$$

Donde:

Emisión de CO<sub>2</sub>-C = emisiones anuales de C por aplicación de cal, ton C año<sup>-1</sup>

M = cantidad anual de piedra caliza cálcica (CaCO<sub>3</sub>) o dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), ton año<sup>-1</sup>

EF = factor de emisión, ton de C (ton de piedra caliza o dolomita)<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 11.13**

**EMISIONES ANUALES DE CO<sub>2</sub> POR APLICACIÓN DE UREA**

$$CO_2-C \text{ Emisión} = M \bullet EF$$

Donde:

CO<sub>2</sub>-C Emisión = emisiones anuales de C por aplicación de urea, ton C año<sup>-1</sup>

M = cantidad anual de fertilización con urea, ton urea año<sup>-1</sup>

EF = factor de emisión, ton de C (ton de urea)<sup>-1</sup>

## J. ECUACIONES RELACIONADAS CON PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA

**ECUACIÓN 12.1**

**ESTIMACIÓN DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO Y SUS CAMBIOS ANUALES EN LOS DEPÓSITOS DE PMR DEL PAÍS DECLARANTE**

Comenzando con  $i = 1900$  y continuando hasta el año actual, calcular:

$$(A) \quad C(i+1) = e^{-k} \bullet C(i) + \left[ \frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \bullet \text{Flujo} - \text{entrada}(i) \text{ con } C(1900) = 0,0$$

$$(B) \quad \Delta C(i) = C(i+1) - C(i)$$

Nota: Para una explicación de la técnica empleada en las Ecuaciones 12.1A para estimar la descomposición de primer orden véase Pingoud y Wagner (2006).

Donde:

$i$  = año

$C(i)$  = las existencias de carbono del depósito de PMR en el año de inicio  $i$ , Gg C

$k$  = constante de descomposición de primer orden indicada en unidades, año<sup>-1</sup> ( $k = \ln(2) / HL$ , donde HL es la vida media del depósito de PMR en años. La media vida es la cantidad de años que transcurren hasta que se pierde la mitad del material que se halla actualmente en el depósito.

Flujo-entrada( $i$ ) = es el flujo de entrada al depósito de PMR durante el año  $i$ , Gg C año<sup>-1</sup>

$\Delta C(i)$  = cambio en las existencias de carbono del depósito de PMR durante el año  $i$ , Gg C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 12.2**  
**ESTIMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PMR QUE SE PRODUCEN ANUALMENTE A PARTIR DEL CONSUMO NACIONAL**

$$\text{Flujo-entrada}_{DC} = P + SFP_{IM} - SFP_{EX}$$

Donde:

Flujo-entrada<sub>DC</sub> = carbono en el consumo anual de madera maciza o productos de papel procedentes de madera recolectada en el país declarante (es decir, de cosecha local), Gg C año<sup>-1</sup>

$P$  = carbono de la producción anual de productos de madera maciza o papel en el país declarante, Gg C año<sup>-1</sup>

$SFP_{IM}$  y  $SFP_{EX}$  = importaciones y exportaciones de productos de papel y madera semi-elaborados. En el caso de la madera maciza, incluye la madera aserrada, los paneles y otros rollizos industriales. En el caso de los productos de papel, incluye el papel y el cartón, Gg C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 12.3**  
**ESTIMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PMR QUE SE PRODUCEN ANUALMENTE A PARTIR DE LA RECOLECCIÓN NACIONAL**

$$\text{Flujo-entrada}_{DH} = P \cdot \left[ \frac{IRW_H}{IRW_H + IRW_{IM} - IRW_{EX} + WCH_{IM} - WCH_{EX} + WR_{IM} - WR_{EX}} \right]$$

Donde:

Flujo\_entrada<sub>DH</sub> = carbono en la producción anual de productos de madera maciza o papel provenientes de la madera recolectada en el país declarante (es decir, de la cosecha nacional), Gg C año<sup>-1</sup>

$P$  = carbono en la producción anual de productos de madera maciza o papel en el país declarante, Gg C año<sup>-1</sup>. Nótese que la elaboración de productos de papel incluye la fibra de la madera y excluye la no fibra. Se muestra una ecuación para estimar la fibra de madera de la elaboración de productos de papel en la Nota 1 del Cuadro 12.5.

$IRW_H$  = recolección de rollizos industriales en el país declarante. Se trata de la recolección de madera para elaborar productos de madera maciza y papel, incluso la  $IRW$ , para exportación. [La variable de la FAO se denomina Producción de RW industrial], Gg C año<sup>-1</sup>

$IRW_{IM}$ ,  $IRW_{EX}$  = importaciones y exportaciones de rollizos industriales, respectivamente, Gg C año<sup>-1</sup>

$WCH_{IM}$ ,  $WCH_{EX}$  = importaciones y exportaciones de astillas de madera, respectivamente, Gg C año<sup>-1</sup>

$WR_{IM}$ ,  $WR_{EX}$  = residuos de madera de las importaciones y exportaciones de aserraderos, respectivamente Gg C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 12.4**

**ESTIMACIÓN DEL CAMBIO ANUAL EN EL CARBONO EN LOS PMR DE LOS SEDS NACIONALES  
DONDE LOS PMR PROVIENEN DE LA RECOLECCIÓN NACIONAL**

$$\Delta C_{PMR SEDS_{DH}} = \Delta C_{PMR SEDS_{DC}} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{Mat. madera import}{Mat. madera produc + Mat. madera import} \right) \right]$$

$$Material\ madera\ importado = \left[ \frac{IRW_{IM} + WCH_{IM} + WR_{IM} + AserradaW_{IM} + WPan_{IM} +}{P\&PB_{IM} + WPulpa\&PapRec_{IM}} \right]$$

$Mat. madera produc = IRW_H$

Donde:

$\Delta C_{PMR SEDS_{DH}}$  = Variable 2B = cambio anual en el carbono en los PMR de los SEDS nacionales donde los PMR provienen de la recolección de madera nacional Gg C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_{PMR SEDS_{DC}}$  = Variable 1B = cambio anual en el carbono en los PMR de los SEDS del país declarante, Gg C año<sup>-1</sup>

$IRW_H$  y  $IRW_{IM}$  = recolección de rollizos industriales recopilados en el país declarante e importaciones de rollizos industriales, respectivamente, Gg C año<sup>-1</sup>

$WCH_{IM}$  = importaciones de astillas de madera, Gg C año<sup>-1</sup>

$WR_{IM}$  = residuos de madera de las importaciones de aserraderos, Gg C año<sup>-1</sup>

$AserradaW_{IM}$  = importaciones de madera aserrada y, Gg C año<sup>-1</sup>

$WPan_{IM}$  = importaciones de paneles de madera, Gg C año<sup>-1</sup>

$P\&PB_{IM}$  = importaciones de papel y cartón, Gg C año<sup>-1</sup>

$WPulpa\&PapRec_{IM}$  = importaciones de pulpa de madera y papel recuperado, Gg C año<sup>-1</sup>

**ECUACIÓN 12.5**

**ESTIMACIÓN DE LA LIBERACIÓN DE CARBONO MEDIANTE LAS VARIABLES DE PMR**

Para la liberación de carbono anual de las existencias de madera en el país declarante

$$(A) \quad \uparrow C_{PMR DC} = H + P_{IM} - P_{EX} - \Delta C_{PMR IU DC} - \Delta C_{PMR SEDS DC}$$

Para la liberación de carbono anual de la madera recolectada en el país declarante

$$(B) \quad \uparrow C_{PMR DH} = H - \Delta C_{PMR IU DH} - \Delta C_{PMR SEDS DH}$$

**ECUACIÓN 12.6**

**ECUACIÓN PARA ESTIMAR LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN, IMPORTACIONES O EXPORTACIONES DEL CUADRO 12.5 PARA LOS AÑOS ANTERIORES A 1961**

$$V_t = V_{1961} \cdot e^{[U \cdot (t-1961)]}$$

Donde:

$V_t$  = producción anual, importaciones o exportaciones de un producto de madera maciza o de papel para el año  $t$ , Gg C año<sup>-1</sup>

$t$  = año

$V_{1961}$  = producción anual, importaciones o exportaciones de un producto de madera maciza o de papel para el año 1961, Gg C año<sup>-1</sup>

$U$  índice continuo estimado de cambio en el consumo de rollizos industriales para la región que incluye el país declarante entre 1900 y 1961 (véase el Cuadro 12.3), año<sup>-1</sup>