

CAPÍTULO 10

EMISIONES RESULTANTES DE LA GESTIÓN DEL GANADO Y DEL ESTIÉRCOL

Autores

Hongmin Dong (China), Joe Mangino (Estados Unidos) y Tim A. McAllister (Canadá)

Jerry L. Hatfield (Estados Unidos), Donald E. Johnson (EEUU), Keith R. Lassey (Nueva Zelanda), Magda Aparecida de Lima (Brasil) y Anna Romanovskaya (Federación Rusa)

Autores colaboradores

Deborah Bartram (Estados Unidos), Darryl Gibb (Canadá) y John H. Martin, Jr. (Estados Unidos)

Índice

10	Emisiones resultantes del manejo del ganado y del estiércol	
10.1	Introducción	10.7
10.2	Población de ganado y caracterización de los alimentos.....	10.7
10.2.1	Pasos para definir las categorías y subcategorías de ganado	10.7
10.2.2	Elección del método	10.8
10.2.3	Evaluación de incertidumbre	10.24
10.2.4	Caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas.....	10.25
10.3	Emisiones de metano a partir de la fermentación entérica	10.25
10.3.1	Elección del método	10.26
10.3.2	Elección de los factores de emisión.....	10.28
10.3.3	Elección de los datos de la actividad	10.35
10.3.4	Evaluación de incertidumbre	10.35
10.3.5	Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes	10.36
10.4	Emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol	10.37
10.4.1	Elección del método	10.37
10.4.2	Elección de los factores de emisión.....	10.40
10.4.3	Elección de los datos de la actividad	10.51
10.4.4	Elección de incertidumbre	10.51
10.4.5	Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes	10.53
10.5	Emisiones de N ₂ O por la gestión del estiércol	10.55
10.5.1	Elección del método	10.56
10.5.2	Elección de los factores de emisión.....	10.61
10.5.3	Elección de los datos de la actividad	10.66
10.5.4	Coordinación con la declaración para emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.....	10.69
10.5.5	Evaluación de incertidumbre	10.71
10.5.6	Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes	10.73
10.5.7	El uso de las hojas de trabajo.....	10.74
Anexo 10A.1	Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano por defecto en cuanto a fermentación entérica	10.76
Anexo 10A.2	Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano de gestión del estiércol	10.81
Referencias	10.88

Ecuaciones

Ecuación 10.1 Población promedio anual.....	10.8
Ecuación 10.2 Coeficiente para calcular la energía neta necesaria para el mantenimiento.....	10.13
Ecuación 10.3 Energía neta para mantenimiento	10.16
Ecuación 10.4 Energía neta para actividad (para vacunos y búfalos)	10.17
Ecuación 10.5 Energía neta para actividad (para ovinos)	10.17
Ecuación 10.6 Energía neta para crecimiento (para vacunos y búfalos)	10.18
Ecuación 10.7 Energía neta para crecimiento (para ovinos)	10.18
Ecuación 10.8 Energía neta para lactancia (para vacunos de carne, ganado lechero y búfalos)	10.19
Ecuación 10.9 Energía neta para lactancia ovina (producción de leche conocida)	10.19
Ecuación 10.10 Energía neta para lactancia ovina (producción de leche desconocida).....	10.20
Ecuación 10.11 Energía neta para el trabajo (para vacunos y búfalos).....	10.20
Ecuación 10.12 Energía neta para producir lana (para ovinos).....	10.20
Ecuación 10.13 Energía neta para preñez (para vacunos, búfalos y ovinos).....	10.21
Ecuación 10.14 Relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida.....	10.22
Ecuación 10.15 Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida	10.22
Ecuación 10.16 Energía bruta para vacunos, búfalos y ovinos).....	10.22
Ecuación 10.17 Estimación de la ingesta de materia seca para ganado en crecimiento y en terminación	10.23
Ecuación 10.18a Estimación de la ingesta de materia seca para ganado maduro	10.23
Ecuación 10.18b Estimación de la ingesta de materia seca para vacas lecheras maduras.....	10.24
Ecuación 10.19 Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado	10.30
Ecuación 10.20 Emisiones totales por fermentación entérica del ganado.....	10.30
Ecuación 10.21 Factores de emisión de CH ₄ por fermentación entérica de una categoría de ganado.....	10.33
Ecuación 10.22 Emisiones de CH ₄ de la gestión del estiércol	10.40
Ecuación 10.23 Factor de emisión de CH ₄ de la gestión del estiércol	10.44
Ecuación 10.24 Tasas de excreción de sólidos volátiles	10.45
Ecuación 10.25 Emisiones directas de N ₂ O de la gestión del estiércol.....	10.57
Ecuación 10.26 Pérdidas de N debidas a la volatilización de la gestión del estiércol.....	10.58
Ecuación 10.27 Emisiones indirectas de N ₂ O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol.....	10.60
Ecuación 10.28 Pérdidas de N debidas a lixiviación de sistemas de gestión del estiércol.....	10.60
Ecuación 10.29 Emisiones indirectas de N ₂ O debidas a lixiviación de la gestión del estiércol.....	10.61
Ecuación 10.30 Tasas de excreción anual de N	10.61
Ecuación 10.31 Tasas de excreción anual de N (Nivel 2).....	10.62
Ecuación 10.32 Tasas de ingesta de N para vacunos	10.63
Ecuación 10.33 Tasas de N retenido para vacunos	10.65
Ecuación 10.34 N de estiércol gestionado disponible para aplicación en suelos gestionados, como alimento, combustible o en la construcción.....	10.70

Figuras

Figura 10.1	Árbol de decisiones para la caracterización de la población de ganado	10.9
Figura 10.2	Árbol de decisiones para las emisiones de CH ₄ resultantes de la fermentación entérica.....	10.27
Figura 10.3	Árbol de decisiones para emisiones de CH ₄ resultantes de la gestión del estiércol.....	10.39
Figura 10.4	Árbol de decisiones para emisiones de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol (Nota 1).....	10.59

Cuadros

Cuadro 10.1	Categorías representativas de ganado ^{1,2}	10.11
Cuadro 10.2	Digestibilidad alimentaria representativa de las distintas categorías de ganado.....	10.15
Cuadro 10.3	Resumen de las ecuaciones utilizadas para estimar la ingesta bruta diaria en vacunos, búfalos y ovinos	10.16
Cuadro 10.4	Coefficientes para calcular la energía neta para mantenimiento (NE _m).....	10.17
Cuadro 10.5	Coefficientes de actividad correspondientes a la situación alimentaria de los animales.....	10.18
Cuadro 10.6	Constantes a utilizar en el cálculo de NE _g para ovinos.....	10.19
Cuadro 10.7	Constantes a utilizar en el cálculo de NE _p en la Ecuación 10.13.....	10.21
Cuadro 10.8	Ejemplos de contenido de NE _{ma} de las dietas típicas con que se alimenta al ganado vacuno para la estimación de la ingesta de materia seca en las ecuaciones 10.17 y 10.18	10.24
Cuadro 10.9	Métodos sugeridos para el inventario de emisiones por fermentación entérica.....	10.29
Cuadro 10.10	Factores de emisión por fermentación entérica para el método de Nivel 1 ¹ (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	10.30
Cuadro 10.11	Factores de emisión por fermentación entérica de Nivel 1 para ganado vacuno ¹	10.31
Cuadro 10.12	Factores de conversión de CH ₄ para vacunos/búfalos (Y _m).....	10.32
Cuadro 10.13	Factores de conversión de CH ₄ para ovinos (Y _m).....	10.33
Cuadro 10.14	Factores de emisión de metano por gestión del estiércol por temperatura para vacunos, porcinos y búfalos(kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	10.41
Cuadro 10.15	Factores de emisión de metano de la gestión del estiércol por temperatura para ovinos, caprinos, camélidos, equinos, mulas y asnos, y aves de corral ^a (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹).....	10.43
Cuadro 10.16	Factores de emisión de metano por gestión de estiércol para ciervos, renos, conejos y pelíferos.....	10.44
Cuadro 10.17	Valores de MCF por temperatura para sistemas de gestión del estiércol	10.47
Cuadro 10.18	Definiciones de los sistemas de gestión del estiércol	10.52
Cuadro 10.19	Valores por defecto para la tasa de excreción de nitrógeno ^a (kg N (1000 kg masa animal) ⁻¹ día ⁻¹)	10.64
Cuadro 10.20	Valores por defecto para la fracción de nitrógeno en la ingesta del ganado que retienen las diferentes especies/categorías de ganado (fracción de ingesta de N retenida por el animal) ...	10.65
Cuadro 10.21	Factores de emisión por defecto para emisiones directas de N ₂ O de la gestión del estiércol....	10.67
Cuadro 10.22	Valores por defecto para pérdida de nitrógeno debida a volatilización de NH ₃ y NO _x de la gestión del estiércol.....	10.70
Cuadro 10.23	Valores por defecto del total de pérdida de nitrógeno producida por la gestión del estiércol ...	10.72

Cuadro 10A.1	Datos para estimar los factores de emisión de Nivel 1 de CH ₄ por fermentación entérica para vacas lecheras del Cuadro 10.11.....	10.77
Cuadro 10A.2	Datos para estimar los factores de emisión de CH ₄ por fermentación entérica de Nivel 1 para otros vacunos del Cuadro 10.11	10.78
Cuadro 10A.3	Datos para estimar los factores de emisión de CH ₄ por fermentación entérica para búfalos ...	10.80
Cuadro 10A-4	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para vacas lecheras.....	10.78
Cuadro 10A-5	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para otros vacunos	10.79
Cuadro 10A-6	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para búfalos.....	10.80
Cuadro 10A-7	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para porcinos de carne	10.81
Cuadro 10A-8	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para porcinos de cría	10.82
Cuadro 10A-9	Derivación de los factores de emisión de metano por gestión del estiércol para otros animales.....	10.87

10 EMISIONES RESULTANTES DE LA GESTIÓN DEL GANADO Y DEL ESTIÉRCOL

10.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se brinda orientación sobre los métodos para estimar las emisiones de metano a partir de la fermentación entérica en el ganado y emisiones de metano y óxido nitroso de la gestión del estiércol. Las emisiones de CO₂ provocadas por el ganado no se estiman porque se supone que las emisiones anuales netas de CO₂ equivalen a cero —el CO₂ de la fotosíntesis de los vegetales se devuelve a la atmósfera como CO₂ respirado. Una parte del C se devuelve como CH₄ y es por esta razón que el CH₄ requiere consideración aparte.

La producción de ganado puede traer como resultado emisiones de metano (CH₄) resultante de la fermentación entérica y emisiones de CH₄ y de óxido nitroso (N₂O) de los sistemas de gestión del estiércol del ganado. Los vacunos constituyen una fuente importante de CH₄ en muchos países debido a su gran población y a la alta tasa de emisión de CH₄ provocada por su sistema digestivo rumiante. Las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol tienden a ser menores que las entéricas; las emisiones más significativas se asocian con operaciones de gestión de animales confinados en las que el estiércol se maneja por medio de sistemas basados en líquidos. Las emisiones de óxido nitroso resultantes de la gestión del estiércol varían significativamente entre los tipos de sistemas de gestión utilizados y, además, pueden provocar emisiones indirectas debidas a otras formas de pérdida de nitrógeno del sistema. El cálculo de la pérdida de nitrógeno de los sistemas de gestión del estiércol es también un paso importante en la determinación de la cantidad de nitrógeno que, en última instancia, va a estar disponible en el estiércol que se aplique al suelo, o el utilizado con propósitos alimentarios, de combustible o de construcción —emisiones que se calculan en el Capítulo 11, Sección 11.2 (emisiones de N₂O de suelos gestionados).

Los métodos para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O producidas por el ganado requieren definiciones de las subcategorías de ganado, las poblaciones anuales y, para los métodos de Nivel superior, la ingesta y la caracterización de los alimentos. Los procedimientos empleados para definir las subcategorías de ganado, desarrollar los datos de la población y caracterizar los alimentos se describen en la Sección 10.2 (Población de ganado y caracterización de alimentos). Se han provisto coeficientes de digestibilidad de alimentos para distintas categorías de ganado a fin de ayudar a estimar la ingesta de alimentos en el cálculo de las emisiones de fuentes entéricas y de estiércol. Debe realizarse una caracterización coordinada del ganado, como se describen en la Sección 10.2, a fin de asegurar coherencia entre las siguientes categorías fuente:

- Sección 10.3 – emisiones de CH₄ resultantes de la fermentación entérica;
- Sección 10.4 – emisiones de CH₄ resultantes de la gestión del estiércol;
- Sección 10.5 – emisiones de N₂O resultantes de la gestión del estiércol (directas e indirectas);
- Capítulo 11, Sección 11.2 – emisiones de N₂O de suelos gestionados (directas e indirectas).

10.2 POBLACIÓN DE GANADO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS

10.2.1 Pasos para definir las categorías y subcategorías de ganado

Es una *buena práctica* identificar el método apropiado para estimar las emisiones de cada categoría de fuente y, entonces, basar la caracterización en los requisitos más detallados identificados para cada especie de ganado. Es probable que la caracterización del ganado que se usa en un país dado esté sometida a repeticiones, a medida que se determinan las necesidades de cada categoría fuente durante el proceso de estimación de las emisiones (véase la Figura 10.1, Árbol de decisiones para la aracterización de la población de ganado). Los pasos son:

- **Identificar las especies de ganado aplicables a cada categoría de fuente de emisiones:** Las especies de ganado que contribuyen con más de una categoría de fuente de emisiones deben listarse en primer término. Lo habitual es que, entre estas especies, se encuentren: vacunos, búfalos, ovinos, cabras, porcinos, caballos, camellos, mulas/asnos, y aves de corral.

- **Revisar el método de estimación de las emisiones para cada categoría fuente pertinente.** Para las categorías de fuente de fermentación entérica y de gestión del estiércol, identificar el método de estimación de las emisiones para cada especie de esa categoría de fuente. Por ejemplo, las emisiones por fermentación entérica de los vacunos, búfalos y ovinos deben estudiarse una por una para evaluar si la tendencia o el nivel de las emisiones justifica una estimación de emisiones de Niveles 2 o 3. De manera similar, las emisiones de metano por gestión del estiércol de vacunos, búfalos, porcinos y aves de corral se estudiarán para determinar si resulta apropiada una estimación de emisiones de Niveles 2 o 3. Hay estimaciones de inventario ya existentes que se pueden utilizar para realizar esta estimación. Si no se ha desarrollado ningún inventario hasta la fecha, deben calcularse las estimaciones de emisión de Nivel 1 para contar con estimaciones iniciales que permitan efectuar esta evaluación. Véase el Volumen 1, Capítulo 4 (Opción metodológica e identificación de categorías principales) como orientación respecto a los aspectos generales de la elección metodológica.
- **Identificar la caracterización más detallada requerida para cada especie de ganado:** sobre la base de las evaluaciones para cada especie bajo cada categoría de fuente, identificar la caracterización más detallada requerida que respalde las estimaciones de emisiones para cada especie. Lo habitual es que la caracterización «básica» se utilice para todas las categorías de fuente pertinentes si es que tanto las fuentes de fermentación entérica como las de estiércol se estiman con sus métodos de Nivel 1. Se debe emplear una caracterización «mejorada» para estimar las emisiones de todas las fuentes pertinentes si se emplea el método de Nivel 2 para fermentación entérica o estiércol.

10.2.2 Elección del método

NIVEL 1: CARACTERIZACIÓN BÁSICA PARA POBLACIONES DE GANADO

Es factible que la caracterización básica para el Nivel 1 sea suficiente para la mayoría de las especies animales en la mayoría de los países. Para este método, es una *buen práctica* recabar los siguientes datos de caracterización del ganado a fin de respaldar las estimaciones de emisiones:

Especies y categorías de ganado: se debe preparar un listado completo de la población de ganado que tiene valores por defecto de factores de emisión (p. ej., vacas lecheras, otros vacunos, búfalos, ovinos, cabras, camellos, llamas, alpacas, ciervos, caballos, conejos, mulas y asnos, porcinos y aves de corral) si estas categorías son pertinentes para el país. Si se dispone de datos, se deben usar categorías más detalladas. Por ejemplo, se pueden hacer estimaciones de emisión más exactas si, a su vez, se subdivide la población de aves de corral (p. ej., ponedoras, pollos parrilleros, pavos, patos y demás aves de corral), ya que hay diferencias significativas entre las características de los desechos de estas distintas poblaciones.

Población anual: si es posible, los compiladores del inventario deben utilizar datos de la población obtenidos de estadísticas nacionales oficiales o de fuentes de la industria. Si no se dispone de datos a nivel nacional, se pueden usar los datos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Los nacimientos o las matanzas estacionales pueden incrementar o reducir el tamaño de la población en diferentes épocas del año, lo que va a requerir que los números de la población se ajusten en consecuencia. Es importante documentar en detalle el método utilizado para estimar la población anual, incluyendo los eventuales ajustes al formulario original de datos poblacionales que fuera recibido de los organismos nacionales de estadísticas o de otras fuentes.

La población promedio anual se estima de varias maneras, según los datos disponibles y de la naturaleza de la población animal. En el caso de las poblaciones animales estáticas (p. ej., vacas lecheras, cerdos para reproducción, ponedoras), estimar la población promedio anual puede ser tan simple como obtener datos relacionados con los del inventario animal realizado una vez. No obstante, estimar la población promedio anual de una población en crecimiento (p. ej., animales para carne, como pollos parrilleros, pavos, vacunos de carne y cerdos para el mercado) requiere una mayor evaluación. La mayoría de los animales de estas poblaciones en crecimiento está viva durante sólo una parte de todo un año. Los animales deben incluirse en la población independientemente de si fueron carneados para consumo humano o murieron por causas naturales. Mediante la Ecuación 10.1 se estima el promedio anual de la población de ganado.

ECUACIÓN 10.1
POBLACIÓN PROMEDIO ANUAL

$$AAP = \text{Días}_{\text{viva}} \cdot \left(\frac{NAPA}{365} \right)$$

Donde:

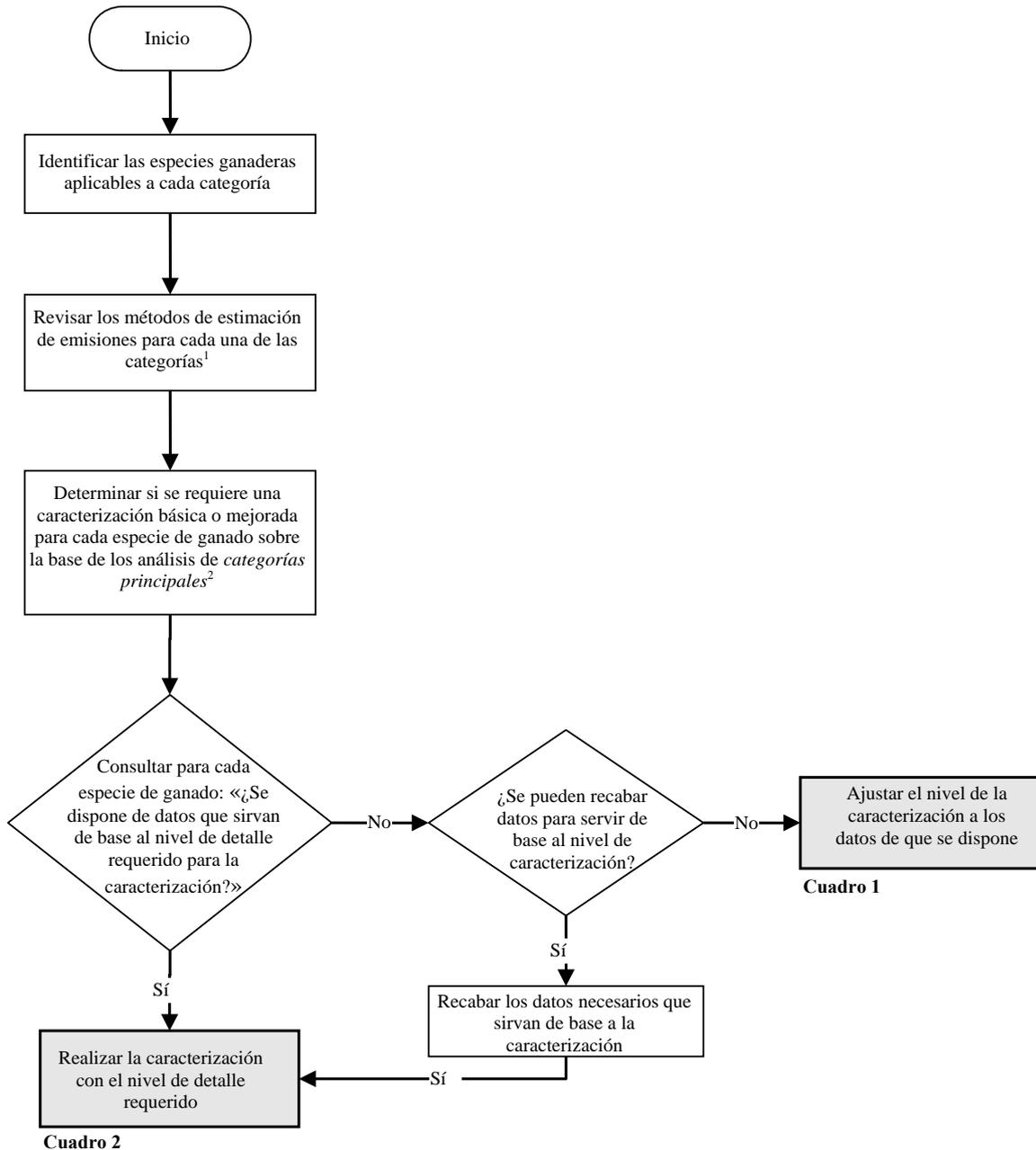
AAP = población promedio anual

NAPA = cantidad de animales producidos anualmente

Es típico que los pollos parrilleros se críen durante unos 60 días antes carnearlos. Estimar la población anual promedio como la cantidad de aves criadas y carneadas durante el curso de un año sería sobreestimar en gran manera la población, ya que implicaría asumir que cada ave vivió el equivalente a 365 días. En cambio, se deberá estimar la población promedio anual como el número de animales criados dividido por la cantidad de ciclos de cría por año. Por ejemplo, si los pollos parrilleros se crían habitualmente en lotes durante 60 días, un establecimiento podría tener una rotación aproximada de 6 lotes de pollos durante el lapso de un año. Por lo tanto, si el establecimiento crió 60 000 pollos en un año, su población anual promedio será de 9 863 pollos. Para este ejemplo, la ecuación sería:

$$\text{Población promedio anual} = 60 \text{ días} \bullet 60\,000 / 365 \text{ días} / \text{año} = 9\,863 \text{ pollos}$$

Figura 10.1 **Árbol de decisiones para la caracterización de la población de ganado**



Nota:

1: Estas categorías incluyen: Emisión de CH₄ por gestión del estiércol y emisión de N₂O por gestión del estiércol.

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.

Vacas lecheras y producción lechera: La población de vacas lecheras se estima por separado de los demás vacunos (véase el Cuadro 10.1). En este método, las vacas lecheras se definen como vacas maduras que están en producción de leche en cantidades comerciales para consumo humano. Esta definición se corresponde con la población de vacas lecheras declarada en el Anuario de producción de la FAO. En algunos países, la población de vacas lecheras incluye dos segmentos bien definidos: (i) razas de alta producción (también llamadas mejoradas) en operación comercial; y (ii) vacas de baja producción gestionadas con métodos tradicionales. Estos dos segmentos se pueden combinar o se los puede evaluar por separado definiendo dos categorías de vacas lecheras. No obstante, la categoría vacas lecheras no incluye las vacas que se mantienen principalmente para producir terneros para carne o para fuerza de tiro. Las vacas multipropósito de baja productividad deben considerarse como otro ganado.

Las hembras de búfalo se pueden categorizar de manera similar a las vacas lecheras.

También se requieren datos sobre la producción promedio de leche de las vacas lecheras. Los datos de la producción de leche se utilizan para estimar un factor de emisión para fermentación entérica empleando el método de Nivel 2. Se prefieren las fuentes de datos específicos del país, aunque también pueden utilizarse los de la FAO. Estos datos se expresan en kilos de leche entera fresca producida por año por cada vaca lechera. Si se definen dos o más categorías de vacas lecheras, se requiere el promedio de producción de leche por vaca en cada categoría.

NIVEL 2: CARACTERIZACIÓN MEJORADA PARA POBLACIONES DE GANADO

La caracterización del ganado del Nivel 2 requiere información detallada sobre:

- Definiciones para subcategorías de ganado.
- Población de ganado por subcategoría, teniendo en cuenta la estimación de la población anual según el Nivel 1; y
- Las estimaciones de ingesta de alimentos de un animal típico de cada subcategoría.

Las subcategorías de la población de ganado se definen para crear subgrupos de animales relativamente homogéneos. Dividiendo la población en estas subcategorías se pueden reflejar las variaciones específicas del país en cuanto a estructura etárea y comportamiento animal dentro de la población de ganado general.

La metodología de caracterización de Nivel 2 pretende definir los animales, la productividad animal, la calidad de la dieta y las circunstancias de la gestión, a fin respaldar una estimación más exacta de la ingesta de alimentos para usarla en la estimación de la producción de metano resultante de la fermentación entérica. Las mismas estimaciones de ingesta de alimentos deben emplearse para suministrar estimaciones armónicas de las tasas de excreción de estiércol y nitrógeno, para mejorar la exactitud y la coherencia de las emisiones de CH₄ y N₂O producidas por la gestión del estiércol.

Definiciones para subcategorías de ganado

Es una *buena práctica* clasificar las poblaciones de ganado en subcategorías de cada especie según edad, tipo de producción y sexo. Las categorías de ganado representativas para realizar lo antedicho se muestran en el Cuadro 10.1. También es posible trabajar con más subcategorías:

- Las poblaciones de ganado vacuno y de búfalos deben clasificarse en, por lo menos, tres subcategorías principales: ganado lechero maduro, otros tipos de ganado maduro y ganado en crecimiento. Según el nivel de detalle del método de estimación de las emisiones, las subcategorías pueden clasificarse, a su vez, sobre la base de las características de los animales o de la alimentación. Por ejemplo, el ganado en crecimiento o en engorde puede clasificarse, a su vez, en el ganado que se alimenta con una dieta alta en granos y en corral de engorde versus aquél que se cría y se termina exclusivamente al pastoreo.
- Se pueden emplear subdivisiones similares a las utilizadas para el ganado vacuno y búfalos para clasificar la población ovina a fin de crear subcategorías con características relativamente homogéneas. Por ejemplo, la cría de corderos podría clasificarse en corderos terminados en pastura versus aquellos terminados en corral de engorde. El mismo enfoque se aplica a los rebaños nacionales de cabras.
- Las subcategorías de porcinos podrían seguir clasificándose, a su vez, sobre la base de las condiciones de producción. Por ejemplo, los porcinos en crecimiento se podrían subdividir en aquéllos de corral en instalaciones de producción intensiva y los que se crían «a campo».
- Las subcategorías de aves de corral se podrían clasificar sobre la base de las condiciones de producción. Por ejemplo, las aves se podrían dividir sobre la base de producción en confinamiento o «de campo».

En los países grandes o con marcadas diferencias regionales, puede resultar útil definir las regiones y, entonces, definir categorías dentro de esas regiones. Las subdivisiones regionales pueden utilizarse para representar

diferencias en clima, sistemas de alimentación, dieta y gestión del estiércol. No obstante, esta ulterior subdivisión sólo resulta de utilidad si se dispone de los correspondientes datos detallados sobre alimentación y el uso de un sistema de gestión del estiércol en tales categorías del ganado.

CUADRO 10.1 CATEGORÍAS REPRESENTATIVAS DE GANADO^{1,2}	
Categorías principales	Subcategorías
Vacas lecheras maduras o hembras de búfalo maduras	<ul style="list-style-type: none"> • Vacas de alta producción con, por lo menos, una parición y que se emplean principalmente para producción de leche. • Vacas de baja producción con, por lo menos, una parición y que se emplean principalmente para producción de leche.
Otro ganado vacuno maduro o búfalos maduros no lecheros	Hembras: <ul style="list-style-type: none"> • Vacas utilizadas para producir cría para carne • Vacas usadas para más de un propósito productivo: leche, carne, tiro Machos: <ul style="list-style-type: none"> • Toros utilizados principalmente con fines reproductivos • Bueyes utilizados principalmente para fuerza de tiro
Ganado vacuno en crecimiento o búfalos en crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Terneros antes del destete • Vaquillonas lecheras de reemplazo • Ganado vacuno o búfalos en crecimiento / de engorde post-destete • Ganado alimentado a corral con dietas con un contenido >90% de concentrados
Ovejas maduras	<ul style="list-style-type: none"> • Ovejas reproductoras para cría y producción de lana • Ovejas lecheras donde la producción comercial de leche constituya el propósito fundamental
Otros ovinos maduros (>1 año)	<ul style="list-style-type: none"> • No se recomienda mayor subcategorización
Corderos en crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Machos enteros • Castrados • Hembras
Porcinos maduros	<ul style="list-style-type: none"> • Cerdas en gestación • Cerdas que han parido y están amamantando a sus crías • Cerdos utilizados con fines reproductivos
Porcinos en crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Lactantes • En terminación • Hembras utilizadas con fines reproductivos • Machos que se van a utilizar con fines reproductivos
Aves de corral	<ul style="list-style-type: none"> • Pollos parrilleros criados para producir carne • Ponedoras para la producción de huevos, en cuyo caso el estiércol se gestiona con sistemas en seco (p. ej., en jaulas elevadas) • Ponedoras para la producción de huevos, en cuyo caso el estiércol se gestiona con sistemas húmedos (p. ej., lagunas) • Aves criadas «a campo» para producción de huevos o carne
Pavos	<ul style="list-style-type: none"> • Pavos para reproducción en sistemas confinados • Pavos criados para producción de carne en sistemas confinados • Pavos criados «a campo» para producción de carne
Patos	<ul style="list-style-type: none"> • Patos para reproducción • Patos criados para producir carne
Otros (por ejemplo)	<ul style="list-style-type: none"> • Camélidos • Mulas y asnos • Llamas, alpacas • Pelíferos • Conejos • Equinos • Ciervos • Avestruces • Gansos
¹ Fuente: Grupo de Expertos del IPCC ² Sólo se deben considerar las emisiones respecto a las especies de ganado utilizadas para la producción de alimentos, pienso o materias primas para procesos industriales.	

Para cada una de las categorías de animales representativas definidas, se requiere la siguiente información:

- población anual promedio (cantidad de ganado o de aves de corral según los cálculos para el Nivel 1);
- ingesta de alimento diaria promedio (megajulios (MJ) por día y/o kg por día de materia seca); y
- factor de conversión a metano (porcentaje de energía alimentaria convertida en metano).

Generalmente, no se dispone de datos sobre la ingesta de alimento diaria promedio, en particular cuando se trata de ganado de pastoreo. En consecuencia, debe recabarse la siguiente información general para estimar la ingesta de alimentos de cada una de las categorías animales representativas:

- peso (kg);
- aumento de peso promedio por día (kg)¹;
- situación alimentaria: confinados, pastoreo, condición de la pastura;
- producción diaria de leche (kg/día) y contenido graso (%)²;
- cantidad de trabajo promedio realizado por día (horas día⁻¹);
- porcentaje de hembras que paren en un año³;
- crecimiento de la lana;
- cantidad de crías; y
- digestibilidad de alimentos (%).

Estimaciones de ingesta de alimentos

Las estimaciones de emisiones de Nivel 2 requieren datos sobre ingesta de alimentos para un animal representativo de cada subcategoría. Habitualmente, la ingesta de alimentos se mide en términos de energía bruta (p. ej., megajulios (MJ) por día) o de materia seca (p. ej., kilogramos (kg) por día). La materia seca es la cantidad de alimentos consumidos (kg) una vez corregida por el contenido de agua de la dieta completa. Por ejemplo, el consumo de 10 kg de una dieta que contenga un 70% de materia seca traería como resultado una ingesta de materia seca de 7 kg. Los requisitos de datos detallados y las ecuaciones para estimar la ingesta alimentaria que se incluyen en la orientación que sigue son los necesarios para aplicar el método de Nivel 2 de fermentación entérica para ganado vacuno, búfalos y ovinos (véase la Sección 10.3). Las constantes de las ecuaciones se han combinado para simplificar los formatos generales. En el resto de esta subsección se presentan los requisitos de datos típicos y las ecuaciones utilizados para estimar la ingesta alimentaria en ganado vacuno, búfalos y ovinos. La ingesta alimentaria de otras especies puede estimarse utilizando métodos similares específicos del país y apropiados para cada una de ellas.

Una *buena práctica* para todas las estimaciones de ingesta alimentaria es:

- Recopilar datos para describir la dieta típica del animal y el comportamiento en cada subcategoría;
- Estimar la ingesta alimentaria a partir de los datos del comportamiento y la dieta para cada subcategoría.

En algunos casos, las ecuaciones pueden aplicarse según las estaciones; por ejemplo, bajo condiciones en las que el ganado aumenta de peso en una estación y pierde peso en otra. Este método puede requerir una variación más refinada del Nivel 2 o una metodología más compleja tipo Nivel 3.

Se requieren los siguientes datos del comportamiento animal para cada subcategoría de animales, a fin de estimar la ingesta alimentaria para la subcategoría:

- **Peso (W), kg:** Se deben recabar datos del peso vivo para cada subcategoría animal. No es realista realizar un censo completo de pesos vivos, por lo que los datos de peso vivo deben obtenerse de estudios de muestras representativas o de bases de datos estadísticas si es que ya existen. La comparación de los datos de peso vivo con los de peso al sacrificio resulta una verificación cruzada útil para determinar si los datos del peso vivo son representativos de las condiciones del país. Sin embargo, los datos de peso al sacrificio no deben

¹ Esto se puede considerar equivalente a cero en animales maduros.

² Los datos de ^{producción} lechera se requieren para animales ^{lecheros}. Se los puede estimar para animales ^{no lecheros} que estén amamantando a sus crías, cuando se disponga de los datos.

³ Sólo es pertinente para hembras maduras.

utilizarse en lugar de los de peso vivo ya que no incluyen el peso completo del animal. Además, debe tenerse en cuenta que la relación entre peso vivo y peso al sacrificio varía según la raza y la condición corporal. En el ganado vacuno, los búfalos y los ovinos maduros, es necesario contar con el promedio anual de peso para cada categoría de animales (p. ej., vacunos maduros para carne). Para los ovinos jóvenes, se necesita contar con los pesos al nacer, al destete y a la edad de un año o al sacrificio si éste se produce dentro del año.

- **Aumento de peso promedio por día (WG), kg día⁻¹** Por lo general, se recopilan los datos del aumento de peso promedio para animales alimentados a corral y para animales jóvenes en crecimiento. Por lo general, se supone que los animales maduros no experimentan aumento ni pérdida de peso en todo un año. Es frecuente que los animales maduros pierdan peso durante la estación seca o bajo temperaturas extremas y que aumenten de peso durante la siguiente estación. Sin embargo, es factible que el aumento de las emisiones relacionado con este cambio de peso sea pequeño. Las menores ingestas y emisiones relacionadas con la pérdida de peso se compensan en gran parte con las mayores ingestas y emisiones producidas durante los períodos de aumento del peso corporal.
- **Peso maduro (MW), kg:** Se requiere que el peso maduro del animal adulto del grupo inventariado defina una pauta de crecimiento, incluyendo el alimento y la energía requeridos para el crecimiento. Por ejemplo, en general, se considera que el peso maduro de una raza o categoría de vacunos o búfalos es el peso corporal cuando se ha completado el desarrollo óseo. El peso maduro varía entre razas y debe reflejar el peso del animal cuando éste se encuentre en una condición corporal moderada. Esto se denomina «peso de referencia» (AAC, 1990) o «peso corporal reducido final» (NRC, 1996). Es habitual que los especialistas y los productores de ganado cuenten con estimaciones de peso maduro.
- **Cantidad promedio de horas trabajadas por día:** para los animales de tiro, se debe determinar la cantidad promedio de horas trabajadas por día.
- **Situación alimentaria:** se debe determinar cuál es la situación alimentaria que mejor representa la subcategoría de animales, utilizando las definiciones que se detallan a continuación (Cuadro 10.5). Si la situación alimentaria se encuentra entre las definiciones, debe describírsele en detalle. La información detallada puede resultar necesaria para el cálculo de las emisiones por fermentación entérica, ya que la interpolación entre las situaciones alimentarias puede necesitarse para asignar el coeficiente más apropiado. En el Cuadro 10.5 se definen las situaciones alimentarias para ganado vacuno, búfalos y ovinos. En cuanto a las aves de corral y porcinos, se supone que la situación alimentaria es bajo condiciones de confinamiento y, por consiguiente, se supone que el coeficiente de actividad (C_a) es cero, ya que, bajo estas condiciones, se gasta muy poca energía en la consecución del alimento. No se han desarrollado coeficientes de actividad para porcinos o aves de corral criados «a campo».
- **Temperatura media invernal (°C)** En los modelos detallados de ingesta alimentaria se consideran la temperatura ambiente, la velocidad del viento, el aislamiento por pelo y tejidos, y el calor de la fermentación (NRC, 2001; AAC, 1990) y es factible que resulten más apropiados para las aplicaciones de Nivel 3. Una relación más general, adaptada a partir de datos estadounidenses, sugiere ajustar el término C_f de la Ecuación 10.3 a los requisitos de mantenimiento del ganado alimentado a corral abierto en climas más fríos, según la siguiente ecuación (Johnson, 1986):

<p>ECUACIÓN 10.2</p> <p>COEFICIENTE PARA CALCULAR LA ENERGÍA NETA NECESARIA PARA EL MANTENIMIENTO</p> $C_f_i(\text{en } _frío) = C_f_i + 0,0048 \bullet (20 - \text{°C})$
--

Donde:

C_f_i = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹

°C = temperatura diaria media durante la temporada invernal.

Considerando la temperatura promedio durante los meses invernales, los requisitos de energía neta para el mantenimiento (NE_m) puede incrementarse en hasta un 30% en la parte septentrional de América del Norte. También es factible que este incremento en el uso de alimentación se asocie con mayores emisiones de metano.

- **Promedio diario de producción de leche (kg día^{-1}):** Estos datos se refieren a ovejas en ordeño, vacas lecheras y búfalos. El promedio diario de producción debe calcularse dividiendo la producción anual total por 365, o declararse como promedio de producción diaria junto con los días de lactancia por año, o estimarse empleando la producción por temporada dividida por la cantidad de días de la temporada. Si se utilizan datos de producción por temporada, el factor de emisión debe desarrollarse para ese período estacional.
- **Contenido graso (%):** es necesario conocer el contenido graso promedio de la leche para las vacas, los búfalos y las ovejas en período de lactancia que produzcan leche para consumo humano.
- **Porcentaje de hembras que paren en un año:** esta información se recaba sólo para vacunos, búfalos y ovinos maduros.
- **Cantidad de crías producidas por año:** esto tiene que ver con ganado hembra que tiene múltiples pariciones por año (p. ej., las ovejas).
- **Digestibilidad de alimentos (DE%):** La parte de energía bruta (GE, del inglés, *gross energy*) contenida en el alimento que no se excreta con las heces se conoce como alimento digerible. Habitualmente, la digestibilidad se expresa como porcentaje (%) de la GE o total de nutrientes digeribles (TDN, del inglés *total digestible nutrients*). Ese porcentaje de alimento que no se digiere representa el % de la ingesta de materia seca que se va a excretar en forma de heces. Los valores típicos de digestibilidad para toda una gama de clases de ganado y tipos de dietas se presentan en el Cuadro 10.2 como orientación. En cuanto a los rumiantes, los rangos habituales de digestibilidad de los alimentos son de 45-55% para subproductos agrícolas y tierras de pastoreo; 55-75% para buenas pasturas, forraje bien conservado y dietas basadas en granos complementados con forraje; y 75-85% para dietas basadas en granos provistas en corral. Las variaciones en la digestibilidad de la dieta provocan variaciones importantes en la estimación del alimento necesario para satisfacer los requisitos de los animales y, en consecuencia, en las respectivas emisiones de metano y cantidades de estiércol excretadas. También es importante señalar que la digestibilidad, la ingesta y el crecimiento son fenómenos interdependientes. Por ejemplo, una baja digestibilidad lleva a una menor ingesta de alimentos y, en consecuencia, a un menor crecimiento. Por el contrario, a menudo, los alimentos con una alta digestibilidad producen una mayor ingesta de alimentos y un aumento en el crecimiento. Un error del 10% en la estimación de la DE se llegará hasta entre un 12 y un 20% cuando se estimen las emisiones de metano e incluso más (20 al 45%) respecto a la excreción de estiércol (sólidos volátiles).

Los datos sobre digestibilidad deben basarse en valores medidos de los alimentos y forrajes dominantes en el consumo del ganado, considerando las variaciones estacionales. En general, la digestibilidad de los forrajes disminuye a medida que aumenta la madurez y, habitualmente, se reduce al mínimo durante la estación seca. Debido a su significativa variación, los coeficientes de digestibilidad deben obtenerse a partir de datos científicos locales, en tanto sea posible. A pesar de que un censo completo sobre digestibilidad se considera poco realista, como mínimo, deben consultarse los datos de estudios de investigación. Mientras se desarrollan los datos de digestibilidad, se deberán registrar también los respectivos datos de las características de los alimentos, si están disponibles, como los valores medidos de fibra detergente neutra (NDF, del inglés *neutral detergent fiber*), fibra detergente ácida (ADF, del inglés *acid detergent fiber*), proteína cruda, y la presencia de factores antinutricionales (p. ej., alcaloides, fenólicos, % de ceniza). La NDF y la ADF son características de los alimentos que se miden en laboratorio y que se utilizan para indicar el valor nutricional del alimento para el ganado rumiante. La determinación de estos valores permite predecir la DE según lo definido en un reciente *NRC Dairy* (2001). La concentración de proteína cruda en el alimento puede utilizarse en el proceso de estimación de la excreción de nitrógeno (Sección 10.5.2).

- **Porcentaje anual de producción de lana por ovino (kg año^{-1}):** Es necesario conocer la cantidad de lana producida en kilos (después de su secado, pero antes del lavado) para poder estimar la cantidad de energía destinada a la producción de lana.

CUADRO 10.2		
DIGESTIBILIDAD ALIMENTARIA REPRESENTATIVA DE LAS DISTINTAS CATEGORÍAS DE GANADO		
Categorías principales	Clase	Digestibilidad (DE%)
Porcinos	1. Porcinos maduros - confinados	4. 70 - 80%
	2. Porcinos en crecimiento - confinados	5. 80 - 90%
	3. Porcinos - «a campo»	6. 50 - 70% ¹
Vacunos y otros rumiantes	7. Animales de corral alimentados con >90% de dieta concentrada;	10. 75 - 85%
	8. Animales alimentados con pasturas;	11. 55 - 75%
	9. Animales alimentados con forraje de baja calidad	12. 45 - 55%
Aves de corral	13. Pollos parrilleros - confinados	18. 85 - 93%
	14. Gallinas ponedoras - confinadas	19. 70 - 80%
	15. Aves de corral - «a campo»	20. 55 - 90% ¹
	16. Pavos - confinados	21. 85 - 93%
	17. Gansos - confinados	22. 80 - 90%
<p>¹ El rango de digestibilidad de los alimentos consumidos por porcinos y aves criados «a campo» es extremadamente variable debido a la naturaleza selectiva de estas dietas. A menudo, es factible que la cantidad de estiércol producida por estas clases esté limitada por la cantidad de alimentos disponibles para el consumo y por su grado de digestibilidad. En instancias en las que el alimento no sea un factor limitante y en que haya fuentes de alimentos de alta calidad a disposición para el consumo, la digestibilidad puede aproximarse a valores similares a los medidos bajo condiciones de confinamiento.</p>		

Cálculos de la energía bruta

Los datos sobre el comportamiento y la dieta animal se emplean para estimar la ingesta de alimentos, es decir, la cantidad de energía (MJ/día) que necesita un animal para su mantenimiento y para actividades tales como el crecimiento, la lactancia y la preñez. Para los compiladores de inventario que cuentan con métodos específicos del país, bien documentados y reconocidos para estimar la ingesta sobre la base de los datos del comportamiento animal, es una *buena práctica* emplear los métodos específicos del país. En la siguiente sección se suministran métodos para estimar la ingesta de energía bruta de las principales categorías de rumiantes: vacunos, búfalos y ovinos. Las ecuaciones listadas en el Cuadro 10.3 se utilizan para derivar esta estimación. Si no se dispone de métodos específicos del país, la ingesta debe calcularse empleando las ecuaciones que aparecen en el Cuadro 10.3. Como se muestra en el Cuadro, se usan distintas ecuaciones para estimar los requisitos de energía bruta de los ovinos respecto a la de los vacunos y búfalos. Las ecuaciones utilizadas para calcular la GE son las siguientes:

CUADRO 10.3 RESUMEN DE LAS ECUACIONES UTILIZADAS PARA ESTIMAR LA INGESTA BRUTA DIARIA EN VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS		
Funciones metabólicas y otras estimaciones	Ecuaciones para vacunos y búfalos	Ecuaciones para ovinos
Mantenimiento (NE_m)	Ecuación 10.3	Ecuación 10.3
Actividad (NE_a)	Ecuación 10.4	Ecuación 10.5
Crecimiento (NE_g)	Ecuación 10.6	Ecuación 10.7
Lactancia (NE_l)*	Ecuación 10.8	Ecuaciones 10.9 y 10.10:
Fuerza de tiro ($NE_{trabajo}$)	Ecuación 10.11	NA
Producción de lana (NE_{wool})	NA	Ecuación 10.12
Preñez (NE_p)*	Ecuación 10.13	Ecuación 10.13
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM, del inglés <i>ratio energy maintenance</i>)	Ecuación 10.14	Ecuación 10.14
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (REG, del inglés <i>ratio energy growth</i>)	Ecuación 10.15	Ecuación 10.15
Energía bruta	Ecuación 10.16	Ecuación 10.16

Fuente: Ecuaciones para vacunos y búfalos basadas en *NRC* (1996) y para ovinos basadas en *AFCR* (1993).
 NA significa «no se aplica».
 * Se aplica solamente a la proporción de hembras con pariciones.

Energía neta para mantenimiento: (NE_m) es la energía neta requerida para mantenimiento; es decir, la cantidad de energía necesaria para mantener a un animal en equilibrio sin que se gane ni se pierda energía corporal (Jurgen, 1988).

<p>ECUACIÓN 10.3 ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO</p> $NE_m = Cf_i \cdot (Peso)^{0,75}$

Donde:

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, 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), MJ día⁻¹ kg⁻¹

Peso = peso vivo del animal, kg.

Energía neta para la actividad: (NE_a) es la energía neta para la actividad; es decir, la energía que necesitan los animales para obtener su alimento, agua y refugio. Se basa en su situación alimentaria más que en las características del alimento en sí. Como se muestra en el Cuadro 10.3, la ecuación para estimar NE_a para vacunos y búfalos es diferente a la utilizada para ovinos. Ambas ecuaciones son empíricas con diferentes definiciones para el coeficiente C_a .

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, 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), MJ día⁻¹

ECUACIÓN 10.5
ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA OVINOS)

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

Donde:

NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹

C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5), MJ día⁻¹ kg⁻¹

peso = peso vivo del animal, kg.

En las Ecuaciones 10.4 y 10.5, el coeficiente C_a corresponde a una situación alimentaria representativa del animal, como se describiera antes. Los valores de C_a pueden verse en el Cuadro 10.5. Si se produjera una mezcla de estas situaciones alimentarias durante el año, NE_a debe ponderarse en consecuencia.

CUADRO 10.4
COEFICIENTES PARA CALCULAR LA ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO (NE_m)

Categoría animal	C_f (MJ d⁻¹ kg⁻¹)	Comentarios
Vacunos/búfalos (vacas no en lactancia)	0,322	
Vacunos/búfalos (vacas en lactancia)	0,386	Este valor es un 20% más alto para mantenimiento durante la lactancia.
Vacunos/búfalos (toros)	0,370	Este valor es un 15% más alto para mantenimiento de machos enteros.
Ovinos (corderos de hasta 1 año)	0,236	Este valor puede incrementarse en un 15% para machos enteros.
Ovinos (de más de 1 año)	0,217	Este valor puede incrementarse en un 15% para machos enteros.
Fuente: NRC (1996) y AFRC (1993).		

CUADRO 10.5		
COEFICIENTES DE ACTIVIDAD CORRESPONDIENTES A LA SITUACIÓN ALIMENTARIA DE LOS ANIMALES		
Situación	Definición	C_a
Vacunos y búfalos (la unidad para C_a no tiene dimensión)		
Compartimiento	Los animales están confinados en una pequeña superficie (es decir, amarrados, en caballerizas, en establo) de lo que resulta que gastan muy poca o ninguna energía en procura de alimento.	0,00
Pastura	Los animales están confinados en áreas con suficiente forraje, lo que exige un escaso gasto de energía en procura del alimento.	0,17
Grandes superficies de pastoreo	Los animales pastan a campo abierto o en terrenos accidentados y gastan una cantidad significativa de energía en procura de su alimento.	0,36
Ovinos (unidad para $C_a = \text{MJ d}^{-1} \text{kg}^{-1}$)		
Ovejas en corral	Los animales están confinados debido a la preñez durante el trimestre final (50 días)	0,0090
Fuente: NRC (1996) y AFRC (1993).		

Energía neta para crecimiento: (NE_g) es la energía neta necesaria para el crecimiento (es decir, para ganar peso). La Ecuación 10.6 se basa en NRC (1996). La Ecuación 10.7 se basa en Gibbs *et al.* (2002). Se han incorporado a la ecuación constantes para la conversión de calorías en julios y de peso corporal vivo a reducido y vacío.

<p>ECUACIÓN 10.6</p> <p>ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)</p> $NE_g = 22,02 \cdot \left(\frac{BW}{C \cdot MW} \right)^{0,75} \cdot WG^{1,097}$
--

Donde:

NE_a = energía neta para el crecimiento, MJ día^{-1}

BW = peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población, kg

C = es 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^{-1}

<p>ECUACIÓN 10.7</p> <p>ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA OVINOS)</p> $NE_g = \frac{WG_{\text{cordero}} \cdot (a + 0,5b(BW_i + BW_f))}{365}$
--

Donde:

NE_a = energía neta para el crecimiento, MJ día^{-1}

WG_{cordero} = aumento de peso ($BW_f - BW_i$), kg año^{-1}

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

Nótese que los corderos se van a destetar dentro de lapso de semanas a medida que complementen la dieta láctea con pastura o con alimento suministrado. Se tomará como fecha del destete aquella en la que dependan de la leche para la mitad de su suministro de energía.

La ecuación NE_g utilizada para los ovinos incluye dos constantes empíricas (a y b) que varían según las especies y categorías de los animales (Cuadro 10.6).

CUADRO 10.6 CONSTANTES A UTILIZAR EN EL CÁLCULO DE NE_g PARA OVINOS		
Categoría/especie animal	a (MJ kg ⁻¹)	b (MJ kg ⁻²)
Machos enteros	2,5	0,35
Castrados	4,4	0,32
Hembras	2,1	0,45
Fuente: AFRC (1993).		

Energía neta para lactancia: (NE_l) es la energía neta para la lactancia. Para vacunos y búfalos, la energía neta para lactancia se expresa como función de la cantidad de leche producida y su contenido graso expresado como porcentaje (p. ej., 4%) (NRC, 1989):

<p>ECUACIÓN 10.8 ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA (PARA VACUNOS DE CARNE, GANADO LECHERO Y BÚFALOS) $NE_l = Leche \cdot (1,47 + 0,40 \cdot Grasa)$</p>
--

Donde:

NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹

Leche = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹

Grasa = contenido graso de la leche, % por peso

Se presentan dos métodos para estimar la energía neta requerida para lactancia (NE_l) en ovinos. El primer método (Ecuación 10.9) se emplea cuando se conoce la cantidad de leche producida, y el segundo (Ecuación 10.8) cuando no se la conoce. Generalmente, se conoce la producción de leche de las ovejas que se crían para producción de leche a nivel comercial, pero se la desconoce para aquellas que amamantan a sus crías hasta el destete. Cuando se conoce la cantidad de leche producida, el total producido en el año se divide por 365 días para estimar el promedio diario de producción de leche en kg/día (Ecuación 10.9). Cuando se desconoce la producción de leche, AFRC (1990) indica que para un nacimiento único, la producción de leche equivale aproximadamente a 5 veces el aumento de peso del cordero. Para nacimientos múltiples, el total de producción de leche anual puede estimarse como equivalente a cinco veces el aumento de peso de todos los corderos paridos por una única oveja. El promedio diario de producción de leche se estima dividiendo la estimación resultante por 365 días, como se indica en la Ecuación 10.10.

<p>ECUACIÓN 10.9 ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA OVINA (PRODUCCIÓN DE LECHE CONOCIDA) $NE_l = Leche \cdot EV_{leche}$</p>
--

Donde:

NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹

Leche = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹

EV_{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⁻¹

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

EV_{milk} = la energía necesaria para producir 1 kg de leche, MJ kg⁻¹. Se puede usar un valor por defecto de 4,6 MJ kg⁻¹ (AFRC, 1993).

Energía neta para trabajo: ($NE_{trabajo}$) es la energía neta para el trabajo. Se emplea para estimar la energía requerida para la fuerza de tiro de vacunos y búfalos. Diversos autores han resumido los requisitos de ingesta para suministrar fuerza de tiro (p. ej., Lawrence, 1985; Bamualim y Kartiarso, 1985; e Ibrahim, 1985). El agotamiento que produzca el trabajo realizado por el animal influye sobre los requisitos de energía y, por consiguiente, se ha estimado toda una amplia gama de requerimientos de energía. Los valores señalados por Bamualim y Kartiarso señalan que aproximadamente es necesario un 10 por ciento de los requisitos diarios de NE_m por hora para el trabajo típico de los animales de tiro. Este valor se utiliza de la siguiente manera:

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⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

Horas = cantidad de horas de trabajo por día

Energía neta para la producción de lana: (NE_{lana}) es el promedio de energía neta diaria requerida para que las ovejas produzcan lana durante un año. El NE_{lana} se utiliza de la siguiente manera:

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⁻¹

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

$Producción_{lana}$ = producción anual de lana por ovino (kg año⁻¹)

Energía neta para la preñez: (NE_p) es la energía neta para la preñez. Para vacunos y búfalos, el total de requerimiento de energía para la preñez durante un período de gestación de 281 días, promediado para todo un año, se calcula como el 10% del NE_m . Para los ovinos, el requerimiento de NE_p se estima de manera similar para el período de gestación de 147 días, aunque el porcentaje varía con la cantidad de corderos nacidos (Cuadro 10.7, Constante a utilizar para el cálculo de NE_p en la Ecuación 10.13). En la Ecuación 10.13 se indica cómo se aplican estas estimaciones.

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

$$NE_p = C_{preñez} \bullet NE_m$$

Donde:

NE_a = energía neta para la preñez, MJ día⁻¹

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

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

CUADRO 10.7 CONSTANTES A UTILIZAR EN EL CÁLCULO DE NE_p EN LA ECUACIÓN 10.13	
Categoría animal	$C_{pregnancy}$
Vacunos y búfalos	0,10
Ovinos	
Nacimiento único	0,077
Nacimiento doble (mellizos)	0,126
Fuente: Estimación para vacunos y búfalos desarrollada a partir de datos de NRC (1996). Estimaciones para ovinos desarrolladas a partir de datos de AFRC (1993), teniendo en cuenta la ineficiencia de la conversión de energía.	

Cuando se usa la NE_p para calcular la GE para vacunos y ovinos, la estimación de NE_p debe ponderarse respecto a la cantidad de hembras maduras que realmente pasan por una gestación en un año dado. Por ejemplo, si el 80% de las hembras maduras de la categoría animal pare en un año, entonces se usaría el 80% del valor de NE_p en la siguiente ecuación de GE.

Para determinar el coeficiente adecuado para ovinos, es necesario contar con la porción de ovejas que han tenido particiones únicas, dobles y triples par estimar un valor promedio de $C_{preñez}$. Si no se dispone de estos datos, el coeficiente se puede calcular del siguiente modo:

- Si la cantidad de corderos nacidos en un año dividido por la cantidad de ovejas preñadas en un año es menor o igual a 1,0, entonces se puede usar el coeficiente para nacimientos únicos.
- Si la cantidad de corderos nacidos en un año dividido por la cantidad de ovejas preñadas en un año es mayor que 1,0 y menor que 2,0, el coeficiente se calcula de la siguiente manera.

$$C_{preñez} = [(0,126 \bullet \text{Fracción de nacimientos dobles}) + (0,077 \bullet \text{Fracción de nacimientos triples})]$$

Donde:

$$\text{Fracción de nacimientos dobles} = [\text{corderos nacidos} / \text{ovejas preñadas}] - 1]$$

$$\text{Fracción de nacimientos únicos} = [1 - \text{Fracción de nacimientos dobles}]$$

Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM): En cuanto a vacunos, búfalos y ovinos, la relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM) se estima empleando la siguiente ecuación (Gibbs y Johnson, 1993):

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

$$REM = \left[1123 - (4\,092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + \left[1126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2 \right] - \left(\frac{25,4}{DE\%} \right) \right]$$

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

Relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (REG): En cuanto a vacunos, búfalos y ovinos, la relación entre la energía neta disponible para crecimiento (incluyendo el crecimiento de lana) y la energía digerible consumida (REG) se estima empleando la siguiente ecuación (Gibbs y Johnson, 1993):

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

$$REG = \left[1164 - (5\,160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + \left[1\,308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2 \right] - \left(\frac{37,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

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

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

Energía bruta, GE: Como se muestra en la Ecuación 10.16, el requerimiento de GE se deriva sobre la base de la suma de los requerimientos de energía neta y las características de disponibilidad de energía del (de los) alimento(s). La Ecuación 10.16 representa una *buena práctica* para calcular los requerimientos de GE de vacunos y ovinos empleando los resultados de las ecuaciones presentadas antes.

En el uso de la Ecuación 10.16, sólo se utilizan los términos correspondientes a cada categoría animal (véase el Cuadro 10.3).

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⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para la actividad animal (Ecuaciones 10.4 y 10.5), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para lactancia (Ecuaciones 10.8, 10.9 y 10.10), MJ día⁻¹

NE_{trabajo} = energía neta para el trabajo (Ecuación 10.11), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta requerida para la preñez (Ecuación 10.13), MJ día⁻¹

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

NE_a = energía neta para el crecimiento (Ecuaciones 10.6 y 10.7), MJ día⁻¹

NE_{lana} = energía neta requerida para producir un año de lana (Ecuación 10.12), MJ día⁻¹

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

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

Una vez calculados los valores de GE para cada subcategoría animal, debe calcularse también la ingesta de alimento en kilos de materia seca por día (kg día⁻¹). Para convertir de GE en unidades de energía a ingesta de materia seca (DMI, del inglés *dry matter intake*), dividir GE por la densidad de energía del alimento. Se puede utilizar un valor por defecto de 18,45 MJ kg⁻¹ de materia seca si no se dispone de información específica sobre el alimento. La ingesta diaria de materia seca resultante debe ser del orden del 2 al 3% del peso corporal de los animales maduros o en crecimiento. En vacas lecheras de alta producción, las ingestas pueden superar el 4% del su peso corporal.

Estimaciones de ingesta de alimentos empleando un método de Nivel 2 simplificado

Predicción de la DMI para ganado sobre la base de peso corporal y de la concentración dietaria de energía neta (NE_{ma}) o de los valores de energía digerible (DE%): también es posible predecir la ingesta de materia seca en ganado maduro y en crecimiento sobre la base del peso corporal del animal y la concentración del alimento NE_{ma} (NRC, 1996) o DE%. La concentración dietaria NE_{ma} puede oscilar entre los 3,0 y 9,0 MJ kg⁻¹ de materia seca. Los valores típicos de las dietas de alta, moderada y baja calidad se presentan en el Cuadro 10.8. Estos valores se pueden utilizar también para estimar los valores de NE_{ma} de dietas mixtas basadas en la estimación de la calidad de las dietas. Por ejemplo, se podría suponer que una dieta mixta de forraje y grano tiene un valor de NE_{ma} similar al de una dieta de forraje de alta calidad. Se podría suponer que una dieta mixta de grano y paja tiene un valor de NE_{ma} similar al de una dieta de forraje de moderada calidad. Los nutricionistas de cada zona geográfica específica deben poder brindar asesoramiento respecto a la selección de valores de NE_{ma} que sean representativos de las dietas que se emplean localmente.

La ingesta de materia seca en ganado en crecimiento y en terminación se estima utilizando la siguiente ecuación:

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⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

NE_{ma} = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto del Cuadro 10.8, MJ kg⁻¹

La ingesta de materia seca en ganado maduro se estima utilizando la siguiente ecuación:

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⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

NE_{ma} = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto proporcionados en el Cuadro 10.8, MJ kg⁻¹

En el caso de las vacas lecheras maduras que consuman forrajes de baja calidad, a menudo en zonas tropicales, se puede emplear la siguiente ecuación alternativa para estimar la ingesta de materia seca sobre la base del DE% (NCR, 1989):

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⁻¹

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)

Las ecuaciones 10.17, 10.18a y 10.18b constituyen un buen elemento de verificación para la predicción de la ingesta alimentaria usando el método principal de Nivel 2. Se las puede considerar como si se preguntara «¿cuál es la ingesta esperable para una calidad de dieta dada?» y utilizarlas para predecir la DMI a partir del BW y de la calidad de la dieta (NE_{ma} o DE%). Por contraste, el método principal del Nivel 2 predice la DMI sobre la base de cuánto alimento se debe consumir para cumplir con los requisitos estimados (es decir, NE_m y NE_g) y no considera la capacidad biológica del animal para, de hecho, consumir la cantidad prevista de alimentos. Por ende, el método simplificado de Nivel 2 se puede utilizar para confirmar que los valores de DMI derivados del método principal de Nivel 2 son biológicamente realistas. Estas estimaciones también están sujetas a la verificación cruzada de que la ingesta de materia seca debería ser del orden del 2 al 3% del peso corporal de los animales maduros o en crecimiento.

CUADRO 10.8 EJEMPLOS DE CONTENIDO DE NE_{ma} DE LAS DIETAS TÍPICAS CON QUE SE ALIMENTA AL GANADO VACUNO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA EN LAS ECUACIONES 10.17 Y 10.18	
Tipo de dieta	NE_{ma} (MJ (kg materia seca)⁻¹)
Dieta alta en granos > 90%	7,5 – 8,5
Forraje de alta calidad (p. ej., leguminosas y hierbas)	6,5 – 7,5
Forraje de moderada calidad (p. ej., leguminosas y hierbas de media estación)	5,5 – 6,5
Forraje de baja calidad (p. ej., paja, hierbas maduras)	3,5 – 5,5
Fuente: Estimaciones obtenidas a partir de modelos predictivos en NCR (1996); la NE _{ma} también se puede estimar utilizando la siguiente ecuación: NE _{ma} = REM x 18,45 x DE% / 100.	

10.2.3 Evaluación de incertidumbre

El primer paso para recabar datos debe ser una investigación de las estadísticas nacionales existentes, fuentes industriales, estudios de investigación y estadísticas de la FAO. La incertidumbre asociada a la población varía significativamente según la fuente, pero se deberá considerar que es de ±20%. A menudo, las estadísticas nacionales de población de ganado ya llevan asociadas estimaciones de incertidumbre, en cuyo caso deben utilizarse estas últimas. Si no se dispone de datos publicados de estas fuentes, se pueden realizar entrevistas con

expertos clave de la industria y del ámbito académico. Las estimaciones de digestibilidad son también particularmente importantes en las estimaciones de Nivel 2 de la ingesta de energía bruta. La incertidumbre en las estimaciones de digestibilidad puede llegar a ser de hasta $\pm 20\%$. En el Volumen 1, Capítulo 3 (Incertidumbres) se describe cómo obtener dictámenes de expertos en cuanto a rangos de incertidumbre. Se pueden emplear protocolos similares de elección de expertos para obtener la información requerida para la caracterización del ganado si no se dispone de datos o estadísticas publicados.

10.2.4 Caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas

En algunos países, se ha domesticado ganado para el cual no existen, por el momento, métodos de Niveles 1 o 2 para la estimación de emisiones (p. ej., llamas, alpacas, wapitis, emúes y avestruces). Una *buena práctica* para la estimación de emisiones provocadas por este ganado es evaluar, en primer lugar, si es factible que sus emisiones sean lo suficientemente significativas como para justificar su caracterización y el desarrollo de factores de emisión específicos del país. En el Volumen 1, Capítulo 4 (Opción metodológica e identificación de categorías principales) se ofrece orientación para determinar la importancia de categorías fuente individuales dentro del inventario nacional. Se pueden emplear métodos similares para evaluar la importancia de las categorías de subfuente (es decir, especies) dentro de una categoría de fuente. Si se determina que las emisiones de una subespecie en particular son significativas, deben desarrollarse factores específicos del país y se realizará una caracterización que sirva de apoyo para el desarrollo de los factores de emisión. Se debe alentar a que se realice investigación respecto a la estimación de niveles de emisión de estas especies no caracterizadas. Los datos y métodos empleados en la caracterización de animales deben estar bien documentados.

Ya que no se dispone de métodos de estimación de emisiones para estos animales, los factores de emisión aproximados basados en «cálculos por orden de magnitud» resultan apropiados para evaluar la significación de sus emisiones. Un método para el desarrollo de factores de emisión aproximados es usar el factor de emisión de Nivel 1. Los factores de emisión de Nivel 1 se pueden clasificar según los sistemas digestivos de la siguiente manera:

- Rumiantes: vacunos, búfalos, ovinos, caprinos, camélidos
- Herbívoros no rumiantes: caballos, mulas/asnos
- Aves de corral: pollos, patos, pavos, gansos
- Monogástricos no avícolas: porcinos

Por ejemplo, se podría estimar un factor aproximado de emisión de metano por fermentación entérica para alpacas a partir del factor de emisión de los ovinos (también animales rumiantes) de la siguiente manera:

$$\text{Factor de emisión aproximado} = [(\text{peso de la alpaca}) / (\text{peso ovino})]^{0,75} \cdot \text{factor de emisión de ovinos}$$

De manera similar, se podría estimar un factor aproximado de emisión de metano por estiércol para avestruces, empleando el factor de emisión de Nivel 1 para pollos. Los factores aproximados de emisión desarrollados mediante este método sólo se pueden emplear para determinar la importancia de las emisiones de los animales y no se consideran lo suficientemente exactos como para estimar las emisiones como parte de un inventario nacional.

10.3 EMISIONES DE METANO A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA

El metano se produce en los herbívoros como subproducto de la fermentación entérica, un proceso digestivo por el cual los micro-organismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo). La cantidad de metano que se libera depende del tipo de tracto digestivo, la edad y el peso del animal, así como de la calidad y la cantidad del alimento consumido. Los rumiantes (p. ej., vacunos, ovinos) son fuentes importantes de metano con cantidades moderadas producidas por no rumiantes (p. ej., porcinos, equinos). La estructura intestinal de los rumiantes favorece una importante fermentación entérica de su dieta.

Sistema digestivo

El tipo de sistema digestivo tiene una influencia significativa en la tasa de emisión de metano. Los rumiantes tienen una cámara expansiva, el rumen, en la parte delantera de su tracto digestivo, donde se produce una fermentación microbiana intensiva de su dieta, lo que les significa varias ventajas nutricionales, incluida la capacidad de digerir celulosa. Los principales animales rumiantes son los vacunos, búfalos, caprinos, ovinos, cérvidos y camélidos. El ganado no rumiante (caballos, mulas, asnos) y el monogástrico (porcinos) tienen emisiones de metano relativamente menores porque la fermentación productora de metano que tiene lugar en sus sistemas digestivos es mucho menor.

Ingesta alimentaria

El metano se produce por la fermentación de los alimentos dentro del sistema digestivo del animal. Por lo general, cuanto mayor es la ingesta alimentaria, mayor es la emisión de metano. No obstante, la magnitud de la producción de metano también puede verse afectada por la composición de la dieta. La ingesta alimentaria tiene relación directa con el tamaño del animal, su tasa de crecimiento y su producción (p. ej., producción de leche, crecimiento de la lana, o preñez).

A fin de reflejar la variación en las tasas de emisión entre las especies animales, la población de éstos debe clasificarse en subgrupos, y estimarse una tasa de emisión por animal para cada subgrupo. Los tipos de subgrupos de población se encuentran en la Sección 10.2 (Población de ganado y caracterización de los alimentos). La cantidad de metano emitida por un subgrupo de la población se calcula multiplicando la tasa de emisión por animal por la cantidad de animales del subgrupo.

Los rumiantes salvajes no se consideran en la derivación de la estimación de emisión del país. Sólo se deben considerar las emisiones de animales bajo gestión doméstica (p. ej., ciervos, alces y búfalos de criadero).

10.3.1 Elección del método

Constituye una *buena práctica* seleccionar el método para estimar las emisiones de metano producidas por fermentación entérica según el árbol de decisiones de la Figura 10.2. El método para estimar la emisión de metano por fermentación entérica requiere tres pasos básicos:

Paso 1: dividir a la población de ganado en subgrupos y caracterizar cada subgrupo según lo descrito en la Sección 10.2. Se recomienda que los expertos nacionales utilicen promedios anuales estimados teniendo presente el impacto de los ciclos de producción y de las influencias estacionales en la cantidad de ejemplares.

Paso 2: estimar los factores de emisión para cada subgrupo en función de los kilos de metano por animal por año.

Paso 3: multiplicar los factores de emisión de los subgrupos por la cantidad de ejemplares de los subgrupos para estimar la emisión de cada uno, y sumar lo de todos los subgrupos para estimar la emisión total.

Estos tres pasos se pueden llevar a cabo con distintos niveles de detalle y complejidad. En este capítulo se presentan los siguientes tres métodos:

Nivel 1

Un método simplificado que se basa en factores de emisión por defecto obtenidos de la bibliografía o calculados utilizando una metodología más detallada de Nivel 2. Es factible que el método de Nivel 1 sea apropiado para la mayoría de las especies animales en países en los que la fermentación entérica no sea una categoría de fuente principal o donde no se disponga de datos de caracterización mejorados. Cuando las emisiones entéricas aproximadas se derivan mediante la extrapolación de las principales categorías de ganado, se las debe considerar como correspondientes a un método de Nivel 1.

Nivel 2

Un método más complejo que requiere datos detallados y específicos del país referido a ingesta de energía bruta y a factores de conversión en metano para categorías específicas de ganado. El método de Nivel 2 debe utilizarse si la fermentación entérica es una categoría de fuente principal para la categoría de animales que representa una gran parte de las emisiones totales del país.

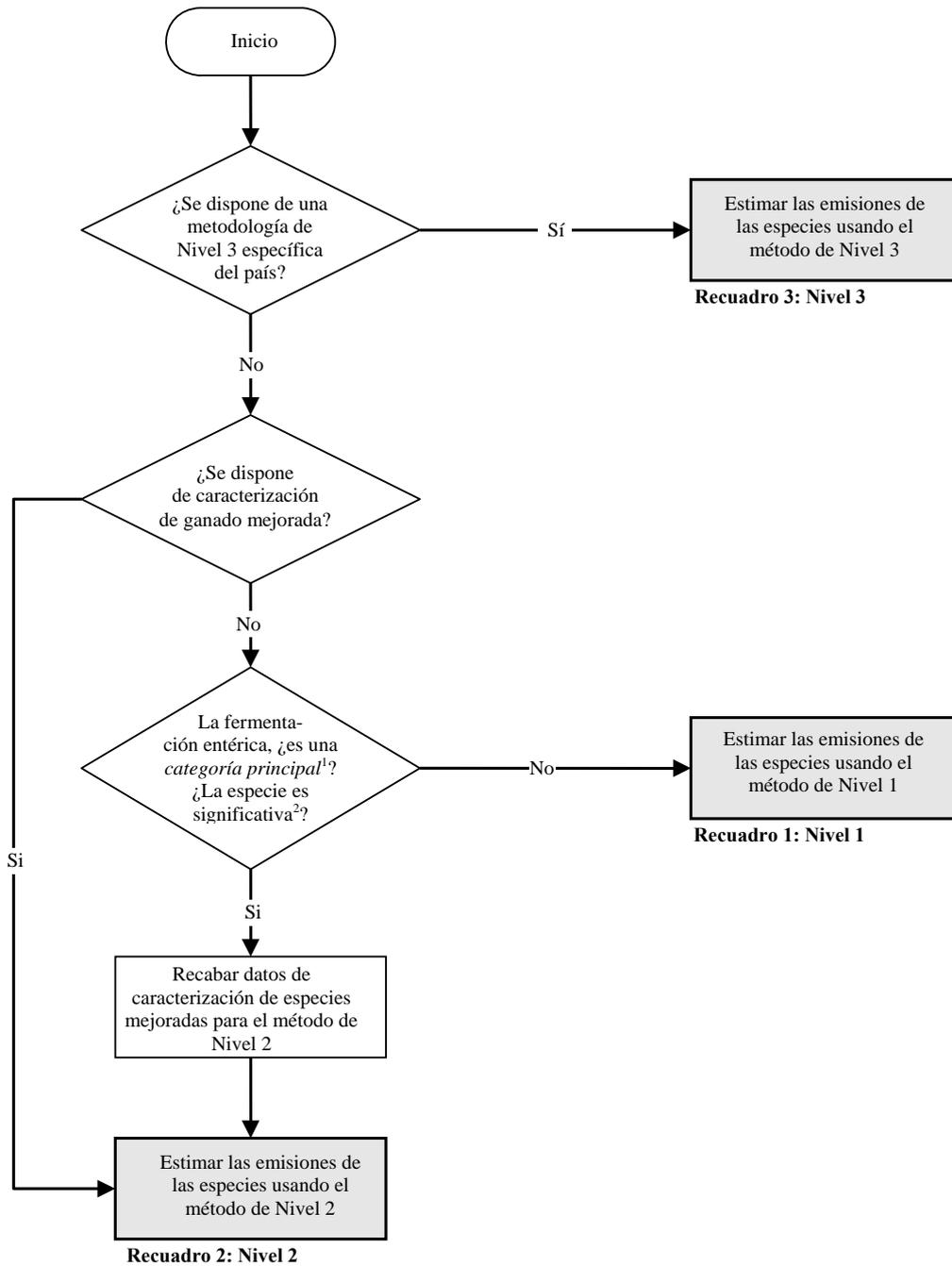
Nivel 3

Algunos países en los que las emisiones del ganado sean particularmente importantes pueden desear ir más allá del método de Nivel 2 e incorporar información adicional y específica del país en sus estimaciones. Este método podría implicar el desarrollo de modelos sofisticados en los que se considere la composición de la dieta en detalle, la concentración de productos resultado de la fermentación en los rumiantes, las variaciones estacionales de la población animal o de la calidad y disponibilidad de alimentos, y las posibles estrategias de mitigación. Muchas de estas estimaciones se derivarían de mediciones experimentales directas. Aunque se alienta a los países a ir más allá del método de Nivel 2 que se presenta a continuación, siempre que se disponga de datos, estos análisis más complejos sólo se analizan brevemente en ese trabajo. Un método de Nivel 3 debe estar sujeto a un alto grado de revisiones por parte de pares del ámbito internacional, como las que se realizan en las publicaciones revisadas por partes, para garantizar que mejoran la exactitud y/o la precisión de las estimaciones.

Se alienta a los países con grandes poblaciones de especies de animales domesticados respecto a los cuales no hay factores de emisión por defecto del IPCC (p. ej., llamas y alpacas) a que desarrollen métodos nacionales similares al método de Nivel 2 y basados en trabajos de investigación bien documentada (si se determina que las emisiones de este ganado son significativas). Para mayor información, el método se describe en la Sección 10.2.4 bajo el título «Caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas de la especie».

En el Cuadro 10.9 se resumen los métodos sugeridos para las emisiones de ganado incluidas en este inventario.

Figura 10.2 **Árbol de decisiones para las emisiones de CH₄ resultantes de la fermentación entérica**



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.

2: Como regla general, una especie de ganado será significativa si es la que produce un 25-30% o más de las emisiones de la categoría fuente.

10.3.2 Elección de los factores de emisión

Método de Nivel 1 para emisiones de metano por fermentación entérica

Este método de Nivel 1 está simplificado de manera que sólo se necesiten datos de la población animal fácilmente asequibles para estimar las emisiones. Se presentan factores de emisión por defecto para cada uno de los subgrupos de población recomendados. A su vez, se analiza cada uno de los pasos.

Paso 1: población animal

Los datos de la población animal deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2.

Paso 2: factores de emisión

El propósito de este paso es seleccionar los factores de emisión que resulten más adecuados a las características del ganado del país. Los factores de emisión por defecto por fermentación entérica se han obtenido de estudios previos y están organizados por región para facilitar su utilización.

Los datos utilizados para estimar los factores de emisión por defecto para fermentación entérica se presentan en el Anexo 10A.1 al final de esta sección.

CUADRO 10.9 MÉTODOS SUGERIDOS PARA EL INVENTARIO DE EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA	
Ganado	Métodos sugeridos para el inventario de emisiones
Vacas lecheras	Nivel 2 ^a /Nivel 3
Otros vacunos	Nivel 2 ^a /Nivel 3
Búfalo	Nivel 1/ Nivel 2
Ovinos	Nivel 1/ Nivel 2
Caprino	Nivel 1
Camélidos	Nivel 1
Equinos	Nivel 1
Mulas y asnos	Nivel 1
Porcinos	Nivel 1
Aves de corral	No desarrollado
Otros (p. ej., llamas, alpacas, ciervos)	Nivel 1
^a Se recomienda el método de Nivel 2 para países con grandes poblaciones de ganado. Puede ser deseable aplicar el método de Nivel 2 a subgrupos de ganado adicionales cuando las emisiones de la categoría constituyen una gran parte de las emisiones totales de metano del país.	

En el Cuadro 10.10 se muestran los factores de emisión por fermentación entérica para cada una de las especies animales, a excepción del ganado vacuno. Como aparece en el cuadro, los factores de emisión para ovinos y porcinos son diferentes para los países desarrollados y en desarrollo. Las diferencias en los factores de emisión están producidas por diferencias en la ingesta alimentaria y por supuestos en cuanto a las características de la alimentación (véase el Anexo 10A.1). En el Cuadro 10.11 se presentan los factores de emisión por fermentación entérica para el ganado vacuno. Se muestra toda una gama de factores de emisión para condiciones regionales típicas. Como se muestra en el cuadro, los factores de emisión varían en un factor de hasta más de cuatro por cabeza.

Aunque los factores de emisión por defecto indicados en el Cuadro 10.11 representan de forma amplia las tasas de emisión dentro de cada una de las regiones descritas, varían dentro de cada región. El tamaño de los animales y su producción de leche son factores determinantes importantes de las tasas de emisión en vacas lecheras. Las vacas lecheras relativamente más pequeñas y con bajos niveles de producción se encuentran en Asia, África y el subcontinente indio. Las vacas lecheras relativamente más grandes y con altos niveles de producción se encuentran en América del Norte y en Europa Occidental.

El tamaño de los animales y su estructura de población son importantes factores determinantes de las tasas de emisión en otros vacunos. Los vacunos relativamente más pequeños se encuentran en Asia, África y el subcontinente indio. Además, muchos de los ejemplares vacunos no lecheros de estas regiones son jóvenes. Los vacunos no lecheros de América del Norte, Europa Occidental y Oceanía son de mayor tamaño y los ejemplares jóvenes constituyen una parte más pequeña de la población.

Para seleccionar factores de emisión de los Cuadros 10.10 y 10.11, se debe identificar la región más aplicable al país a evaluar. Examinar cuidadosamente las tabulaciones del Anexo 10A.1 para asegurarse de que las características subyacentes de los animales, tales como peso, tasa de crecimiento y producción de leche, utilizadas para desarrollar los factores de emisión son similares a las condiciones del país. Deben utilizarse los datos recabados respecto al promedio de producción anual de leche por parte de las vacas lecheras como ayuda para seleccionar un factor de emisión para vacas lecheras. Si resulta necesario, interpolar entre los factores de emisión para vacas lecheras indicados en el cuadro empleando los datos recopilados sobre producción promedio anual de leche por cabeza.

Es de hacer notar que el uso de los mismos factores de emisión de Nivel 1 para los inventarios de los sucesivos años significa que no se están teniendo en cuenta los cambios en la productividad del ganado, como el incremento de la productividad lechera o las tendencias del peso en pie. Si es importante considerar la tendencia en la emisión de metano que se produce por las tendencias en la productividad del ganado, entonces las emisiones de éste se pueden convertir en una categoría de fuente principal basada en tendencias y se debe usar un cálculo de Nivel 2.

CUADRO 10.10 FACTORES DE EMISIÓN POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA EL MÉTODO DE NIVEL 1¹ (KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)			
Ganado	Países desarrollados	Países en desarrollo	Peso en pie
Búfalo	55	55	300 kg
Ovinos	8	5	65 kg – países desarrollados; 45 kg – países en desarrollo;
Caprino	5	5	40 kg
Camélidos	46	46	570 kg
Equinos	18	18	550 kg
Mulas y asnos	10	10	245 kg
Ciervos	20	20	120 kg
Alpacas	8	8	65 kg
Porcinos	1,5	1,0	
Aves de corral	Datos insuficientes para el cálculo	Datos insuficientes para el cálculo	
Otros (p. ej., llamas)	A determinar ¹	A determinar ¹	

Todas las estimaciones llevan una incertidumbre de ±30-50%.

Fuentes: Factores de emisión para búfalos y camélidos de Gibbs y Johnson (1993). Factores de emisión para otros tipos de ganado Crutzen *et al.*, (1986), Alpacas de Pinares-Patino *et al.*, 2003; Ciervos de Clark *et al.*, 2003.

¹ Un método para el desarrollo de factores de emisión aproximados es usar el factor de emisión de Nivel 1. Los valores de peso en pie se incluyeron con este propósito. Los factores de emisión deben derivarse sobre la base de las características del ganado y de los alimentos de interés, y no deben restringirse únicamente a las características de la región.

Paso 3: emisión total

Para estimar la emisión total, los factores de emisión seleccionados se multiplican por la población animal asociada (Ecuación 10.19) y se suman (Ecuación 10.20):

<p>ECUACIÓN 10.19</p> <p>EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO</p> $Emisiones = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$
--

Donde:

Emissions = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año⁻¹

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

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

T = especie/categoría de ganado

<p>ECUACIÓN 10.20</p> <p>EMISIONES TOTALES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO</p> $\text{Total CH}_{4\text{Entérica}} = \sum_i E_i$

Donde:

Total CH₄_{Entérica} = emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año⁻¹

E_i = emisiones de las *i*th categorías y subcategorías de ganado

CUADRO 10.11
FACTORES DE EMISIÓN POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE NIVEL 1 PARA GANADO VACUNO¹

Características regionales	Categoría de ganado	Factor de emisión ² (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	Comentarios
América del Norte: sector lechero comercializado de alta productividad con alimentación de forraje y grano de alta calidad. Planteles de ganado de carne por separado, fundamentalmente a pastoreo y suplementos alimentarios estacionales. Novillos/vaquillonas para carne de rápido crecimiento terminados en corral con granos. Las vacas lecheras constituyen una pequeña parte de la población.	Lechero	121	Promedio de producción de leche de 8 400 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	53	Incluye vacas, toros, terneros y novillos/vaquillonas de engorde para carne y ganado alimentado a corral.
Europa Occidental: sector lechero comercializado de alta productividad con alimentación de forraje y grano de alta calidad. Vacas lecheras utilizadas también para producción de terneros para carne. Hato muy pequeño especializado en vacunos para carne. Pequeña cantidad de alimentación en corral con granos.	Lechero	109	Promedio de producción de leche de 6 000 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	57	Incluye toros, terneros y novillos/vaquillonas de engorde.
Europa Oriental: sector lechero comercializado con alimentación principalmente de forrajes. Hato de vacunos para carne por separado, fundamentalmente bajo pastoreo. Pequeña cantidad de alimentación en corral con granos.	Lechero	89	Promedio de producción de leche de 2 550 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	58	Incluye vacas, toros y ganado joven para carne.
Oceanía: sector lechero comercializado en base a pastoreo. Plantel de ganado de carne por separado, fundamentalmente en tierras de pastoreo con alta diversidad en su calidad. Cantidad cada vez mayor de alimentación en corral con granos. Las vacas lecheras constituyen una pequeña parte de la población.	Lechero	81	Promedio de producción de leche de 2 200 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	60	Incluye vacas, toros y ganado joven para carne.
América Latina: sector lechero comercializado en base a pastoreo. Hato de vacuno por separado en pasturas y tierras de pastoreo. Pequeña cantidad de alimentación en corral con granos. El ganado no lechero para engorde constituye una gran parte de la población.	Lechero	63	Producción promedio de leche de 800 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	56	Incluye vacas, toros y animales jóvenes para carne.
Asia: pequeño sector lechero comercializado. La mayoría del ganado es multipropósito; sirve para tiro y para producción de leche en regiones agrícolas. Pequeña población en pastoreo. El ganado, en todos sus tipos, es de menor tamaño que el que se encuentra en las demás regiones.	Lechero	61	Producción promedio de leche de 1 650 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	47	Incluye vacas, toros y animales jóvenes multipropósito.
África y Oriente Medio: sector lechero comercializado en base a pastoreo y con baja producción de leche por vaca. La mayoría del ganado es multipropósito; sirve para tiro y para producción de leche en regiones agrícolas. Hay parte del ganado que pastorea en superficies muy grandes. El ganado es de menor tamaño que el que se encuentra en la mayoría de las regiones.	Lechero	40	Producción promedio de leche de 475 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	31	Incluye vacas, toros y animales jóvenes multipropósito.
Subcontinente indio: sector lechero comercializado en base a alimentación con subproductos agrícolas y con baja producción de leche por vaca. La mayoría de los bueyes sirven como animales de tiro y las vacas proveen algo de leche en las regiones agrícolas. Pequeña población en pastoreo. El ganado de esta región es el más pequeño en comparación con el de todas las demás regiones.	Lechero	51	Producción promedio de leche de 900 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	27	Incluye vacas, toros y animales jóvenes. Los animales jóvenes constituyen una gran parte de la población.

¹ Los factores de emisión deben derivarse sobre la base de las características del ganado y de los alimentos de interés, y no es necesario que se restrinjan únicamente a las características de la región.

² Grupo de Expertos del IPCC; los valores representan promedios dentro de la región. Donde corresponda, se alienta a utilizar datos regionales más específicos de producción de leche. Los valores existentes se derivaron empleando el método de Nivel 2 y los datos de los Cuadros 10.A.1 y 10.A. 2.

Método de Nivel 2 para emisiones de metano por fermentación entérica

El método de Nivel 2 se aplica a categorías de población de ganado más desagregadas y se emplea para calcular factores de emisión y no valores por defecto. Los principales elementos a considerar en cuanto al método de Nivel 2 son el desarrollo de factores de emisión y la recopilación de datos detallados de la actividad.

Paso 1: población de ganado

Los datos de la población animal y de las actividades respectivas deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2.

Paso 2: factores de emisión

Cuando se aplica el método de Nivel 2, los factores de emisión se estiman para cada categoría animal empleando los datos detallados desarrollados en el Paso 1.

Los factores de emisión para cada categoría de ganado se estiman sobre la base de la ingesta de energía bruta y el factor de conversión a metano correspondientes a la categoría. Los datos de la ingesta de energía bruta deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Se deben completar los siguientes dos subpasos para calcular el factor de emisión según el método de Nivel 2:

1. Obtención del factor de conversión en metano (Y_m)

El grado en el que la energía de los alimentos se convierte en CH_4 depende de varios factores alimentarios y animales interrelacionados. Si no se dispone de factores de conversión de CH_4 a partir de trabajos de investigación específicos del país, se pueden utilizar los valores suministrados en el Cuadro 10.12, factores de conversión de CH_4 para vacunos/búfalos para estas subcategorías. Estas estimaciones generales sirven como orientación grosera respecto a las características de la alimentación y las prácticas de producción en general que se encuentran en muchos países desarrollados y en desarrollo. Cuando se dispone de buena alimentación (es decir, con alta digestibilidad y altos valores de energía), deben utilizarse los límites inferiores. Cuando se dispone de alimentación más pobre, resultan más apropiados los límites superiores. Se supone que el factor de conversión de CH_4 para todos los animales que sólo consumen leche (es decir, corderos y terneros alimentados a leche) equivale a cero.

Dada la importancia del Y_m como impulsor de emisiones, una parte sustancial de la investigación que se está realizando está destinada a mejorar las estimaciones de Y_m para diferentes combinaciones de ganado y alimentos. La necesidad de mejorar este aspecto es esencial para animales criados en las pasturas tropicales, ya que los datos disponibles son escasos. Por ejemplo, en un estudio reciente (Kurihara *et al.*, 1999) se observaron valores de Y_m que están fuera de los rangos descritos en el Cuadro 10.12.

CUADRO 10.12 FACTORES DE CONVERSIÓN DE CH_4 PARA VACUNOS/BÚFALOS (Y_m)	
Categoría de ganado	Y_m^b
Vacunos alimentados a corral ^a	3,0% ± 1,0%
Lecheras (vacunos y búfalos) y su progenie	6,5% ± 1,0%
Otros vacunos y búfalos que se alimentan fundamentalmente con desechos y subproductos agrícolas de baja calidad	6,5% ± 1,0%
Otros vacunos o búfalos – en pastoreo	6,5% ± 1,0%
^a Cuando los alimentos utilizados contienen un 90% o más de concentrados.	
^b Los valores ± representan el rango.	
Fuente: Grupo de Expertos del IPCC.	

Las estimaciones regionales, nacionales y mundiales de la generación entérica de metano se basan en determinaciones a pequeña escala de Y_m y de la influencia de las propiedades de los alimentos y de los animales sobre el Y_m . Los métodos tradicionales para medir el Y_m incluyen el uso de cámaras de respiración en las que se alberga ejemplares animales (Johnson y Johnson, 1995). Una técnica de rastreo que emplea SF_6 permite estimar las emisiones de metano bajo condiciones de encierro y de pastoreo (Johnson *et al.*, 1994). Los resultados de mediciones recientes fueron analizados por Lassey (2006), quien también examinó la «extensión» de esas mediciones a inventarios nacionales y mundiales.

También es importante estudiar las influencias de las propiedades de los alimentos y de los atributos de los animales sobre el Y_m . Esas influencias son importantes para comprender mejor los mecanismos microbiológicos que participan en la metanogénesis, con miras a diseñar estrategias de reducción de emisiones, así como identificar referentes valores para Y_m según las prácticas de cría de los animales. Hasta el momento, la búsqueda

de tales influencias es equívoca y, por ende, hay poca variabilidad evidente tanto en los valores declarados en el Cuadro 10.12 como en los basados en el reciente estudio de las mediciones de Y_m que aparecen en la bibliografía (Lassey, 2006).

En el Cuadro 10.13 se propone un valor de Y_m en común para todos los ovinos maduros, independientemente de la calidad de la alimentación, aunque con valores diferentes para ovinos maduros y jóvenes con la línea de demarcación al año de edad. Estos valores se basan en datos de Lassey *et al.* (1997), Judd *et al.* (1999) y Ulyatt *et al.* (2002a, 2002b, 2005) y, aunque son coherentes con las mediciones de otros investigadores (Murray *et al.*, 1978; Leuning *et al.*, 1999), puede que no cubran toda la gama de pasturas que pueden encontrarse. El valor medio es adecuado para la mayoría de las aplicaciones, aunque los límites superiores pueden ser más apropiados para alimentos de baja calidad, y se pueden emplear los límites inferiores para alimentos de alta digestibilidad y de alto valor energético.

CUADRO 10.13 FACTORES DE CONVERSIÓN DE CH ₄ PARA OVINOS (Y _M)	
Categoría	Y _m ^a
Corderos (< 1 año de edad)	4,5% ± 1,0%
Ovinos maduros	6,5% ± 1,0%

^a Los valores ± representan el rango.

Nótese que, en algunos casos, puede que no existan factores de conversión de CH₄ para ciertos tipos de ganado. En estos casos, se puede declarar sobre la base de los factores de conversión de CH₄ que tengan mayor similitud con esos tipos de ganado. Por ejemplo, los factores de conversión de CH₄ para otros vacunos y búfalos se podrían aplicar para estimar un factor de emisión para camélidos.

2. Desarrollo de factores de emisión

Se debe desarrollar un factor de emisión para cada categoría de animales siguiendo la Ecuación 10.21:

ECUACIÓN 10.21 FACTORES DE EMISIÓN DE CH ₄ 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 CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

GE = ingesta de energía bruta, MJ cabeza⁻¹ día⁻¹

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

El factor 55,65 (MJ/kg CH₄) es el contenido de energía del metano.

En esta ecuación de factores de emisión se supone que éstos se desarrollan para una categoría animal por el término de todo un año (365 días). A pesar de que lo habitual es utilizar un factor de emisión para todo el año, en algunas circunstancias se puede definir la categoría animal para un lapso menor (p. ej., para la estación húmeda del año o para un período de alimentación en corral de 150 días). En este caso, el factor de emisión se estimaría para el período específico (p. ej., la estación húmeda) y los 365 días se reemplazarían por la cantidad de días del período. La definición del período al que se aplica el factor de emisión se describe en la Sección 10.2.

Paso 3: emisiones totales

Para estimar las emisiones totales, los factores de emisión seleccionados se multiplican por la población animal asociada y se suman. Como se señalara antes bajo el Nivel 1, las estimaciones de emisiones deben declararse en gigagramos (Gg).

Potencialidad de mejorar el método de Nivel 2 o de desarrollar uno de Nivel 3 para inventarios de emisión entérica de metano

La mayor exactitud y la identificación de las causas de variación en las emisiones constituyen el meollo del objetivo del inventario. Se alienta a introducir mejoras a la metodología del país, ya sea como componentes de los Niveles 1 o 2 actuales o si se implementan mejoras adicionales (Nivel 3).

Los actuales factores de emisión entérica de metano de Niveles 1 y 2 y los procedimientos de estimación se generan estimando primeramente el consumo diario y anual de energía bruta por parte de los ejemplares de una clase del inventario que luego se multiplican por una estimación de la pérdida de CH₄ por unidad de alimento (Y_m). Hay considerables posibilidades de mejorar la predicción de Nivel 2, tanto en ingesta alimentaria como en Y_m. Entre los factores que potencialmente afectan los requerimientos y/o el consumo de alimentos y que no se consideran se hallan los siguientes:

- variaciones por raza o genotipo en los requisitos de mantenimiento;
- los efectos de la tensión producida por el calor y el frío sobre los requerimientos de ingesta y de mantenimiento; y
- la reducción de la digestibilidad a medida que aumentan los niveles de consumo, o las limitaciones en la composición de la dieta impuestas a la ingesta.

De la misma manera, hay toda una serie de factores interrelacionados que controlan las variaciones del Y_m y que no están incluidos en la metodología de Nivel 2; entre ellos:

- los efectos de la digestibilidad (DE%);
- la ingesta de materia seca de la dieta en cuanto a su relación con el peso corporal en pie;
- la composición química de la dieta;
- el pasaje de partículas y la cinética de la digestión, o los compuestos vegetales antimicrobianos; y
- la variación de la población microbiana dentro del tracto digestivo.

La estimación exacta de la DE% de la dieta es de singular importancia en la estimación de la ingesta alimentaria y, por ende, en las emisiones, como ya se resaltara con anterioridad. Un 10% de error en el promedio de la DE% o de los TDN% de la dieta puede provocar errores en el CH₄ de entre un 12 y un 20%, según la circunstancia de que se parta. No se considera la disminución del DE% a medida que aumentan las cantidades de consumo diario de alimentos. Esto va a significar una subestimación de las ingestas de alimentos de las vacas lecheras de alta producción que consumen mezclas de concentrados y forrajes, p. ej., como es común en América del Norte y Europa, aunque parte de los errores resultantes en la estimación de la emisión de metano se va a compensar con reducciones en Y_m a medida que aumenta la ingesta diaria. Los métodos para estimar las bajas en la digestibilidad ya se han descrito (NRC, 1996; NRC, 2001).

Hubeo muchos intentos por mejorar las estimaciones del Y_m. Varios investigadores han desarrollado modelos que tienen relación con la composición química de la dieta consumida o, en más detalle, con la composición de los carbohidratos consumidos y de otros componentes químicos del Y_m. Habitualmente, estos modelos predicen las tasas de pasaje y digestión de las partículas y los componentes químicos de la dieta en cada compartimento entérico a distintos niveles de ingestión y el balance de H₂ resultante, los ácidos grasos volátiles y los rendimientos microbiano y de CH₄. Estos métodos han generado valores de Y_m que son coherentes con las mediciones directas efectuadas utilizando cámara y técnicas de SF₆.

La bibliografía contiene muchos ejemplos de la positiva relación de la digestión de las paredes celulares vegetales con las relaciones entre productos finales altamente acéticos y propiónicos, y con altos rendimientos de CH₄. Mientras que la digestión de carbohidratos fibrosos es innegablemente el indicador individual más fuerte del rendimiento de CH₄, el CH₄ por fibra digerida no es constante, p. ej., cuando se alimenta con cáscara de soja o pulpa de remolacha como única ración a diferentes niveles de ingesta, el Y_m varía entre el 8 y el 11% cuando se lo mide a ingestas alimentarias restringidas y entre un 5 y un 6% cuando se lo mide a ingestas *ad libitum* (Kujawa, 1994; Diarra, 1994). En consecuencia, la fermentación entérica de un mismo sustrato fibroso puede dar como resultado valores de Y_m bastante diferentes. Quizás, la limitación más severa para el desarrollo de modelos de predicción más complejos esté en la dificultad de aplicarlos a inventarios de amplia cobertura nacional. La dificultad está en suministrar los datos necesarios para impulsar estos modelos más complejos de ingesta alimentaria o Y_m. A menudo, resulta difícil definir las características de los animales, la productividad y el %DE con exactitud para un tipo de ganado de una región del país, sin mencionar los detalles en cuanto a fracción de carbohidratos, tasas de pasaje y digestión, etc.

La magnitud del trabajo de investigación que se está realizando actualmente a nivel mundial sobre estrategias de mitigación, como en vacunas, ionóferos, aceites vegetales poliinsaturados, taninos condensados, etc., sugiere que nos ocupemos de cómo se las debe reflejar en la compilación del inventario de Niveles 2 o 3. En primer lugar, el inventario debe reflejar sólo aquellas tecnologías que cumplan con los principios de GC/CC y que hayan

recibido una amplia aceptación a nivel internacional, por ejemplo mediante artículos revisados por pares que incluyan una descripción de la tecnología, de su eficacia y de su validación bajo condiciones de campo. En segundo lugar, el inventario debe ir acompañado de pruebas de la adopción de la tecnología y sólo se aplicará a emisiones provocadas por el ganado para el que la adopción se pueda validar. En tercer lugar, en el caso de tecnologías recién implementadas (como la dosis administrada de un agente mitigador), el inventario también se podría presentar acompañado de un cálculo de las emisiones producidas en ausencia de una medida de mitigación a fin de dar transparencia a la magnitud de las reducciones de la emisión que se alegan. Las medidas de mitigación deben tener el respaldo de publicaciones revisadas por pares.

Se debe alentar toda acción destinada a mejorar las estimaciones de la ingesta alimentaria y el Y_m y a analizar los métodos de mitigación, prestándole la debida atención a las limitaciones en alcance, a las circunstancias de la producción, etc. con las que se relacionan las relaciones predictivas.

10.3.3 Elección de los datos de la actividad

Los datos de la población de ganado deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Si se utilizan factores de emisión entérica por defecto para el ganado (Cuadros 10.10, 10.11) para estimar las emisiones entéricas, será suficiente con una caracterización básica de la población de ganado (Nivel 1). Para estimar las emisiones entéricas del ganado empleando la estimación de la Ingesta de energía bruta (Ecuaciones 10.16, 10.17 o 10.18), se requiere una caracterización de Nivel 2. Como se señalara en la Sección 10.2, una *buena práctica* para la caracterización de poblaciones de ganado es llevar a cabo una única caracterización que suministre los datos de la actividad para todas las fuentes de emisión sobre la base de los datos de la población de ganado.

10.3.4 Evaluación de incertidumbre

Factores de emisión

Dado que los factores de emisión para el método de Nivel 1 no se basan en datos específicos del país, puede que no representen exactamente las características del ganado del país en cuestión y pueden resultar muy inciertos como resultado. Es poco factible que los factores de emisión estimados empleando el método de Nivel 1 tengan un grado de exactitud mayor de $\pm 30\%$ y pueden ser inciertos hasta en $\pm 50\%$. La incertidumbre en el método de Nivel 2 depende de la exactitud de la caracterización del ganado (p. ej., la homogeneidad de las categorías de ganado) y también del grado en el que los métodos para definir los coeficientes en las distintas relaciones que constituyen el enfoque de energía neta se correspondan con las circunstancias del país. Es factible que las estimaciones de los factores de emisión basadas en el método de Nivel 2 sean del orden de $\pm 20\%$. Los compiladores del inventario que empleen el método de Nivel 2 deben realizar un análisis de las incertidumbres que reflejan su situación en particular y, a falta de este análisis, se supone que la incertidumbre en el método de Nivel 2 es similar a la del de Nivel 1.

Aunque, potencialmente, un método de Nivel 2 puede mejorar la exactitud de las estimaciones de emisiones, para desarrollar un método de Nivel 3 viable se requiere una cantidad sustancial de datos científicos. El uso de datos no fiables y no verificados en un método de Nivel 3 podría dar como resultado estimaciones inferiores a las del método de Nivel 2 e incluso a las del de Nivel 3. En muchas ocasiones, las mediciones directas de las emisiones de metano del ganado son deficientes o se realizan empleando una cantidad limitada de tipos de dietas. Actualmente, se están realizando una cantidad considerable de trabajos de investigación sobre potenciales estrategias de mitigación, pero pocos de esos trabajos se han validado lo suficiente como para que se los pueda extrapolar a condiciones ajenas a la investigación. A medida que se continúa expandiendo la investigación fundacional sobre la ciencia relacionada con las emisiones, teóricamente, el método de Nivel 3 debe dar como resultado que tenga el menor grado de incertidumbre.

Datos de la actividad

Habrà una incertidumbre adicional relacionada con la caracterización del ganado y de la alimentación. A menudo, el mejorar la caracterización del ganado y de los alimentos será prioridad en cuanto a reducir la incertidumbre en general. Las estimaciones exactas de la digestibilidad alimentaria (DE%) son también clave para reducir el grado de incertidumbre. Las estimaciones de incertidumbre se pueden derivar de la *buena práctica* de recurrir a datos de censos del agro que se señalan en la sección de incertidumbre referida a la caracterización del ganado y de su alimentación (véase la Sección 10.2).

En el Volumen 1, Capítulo 3 (Incertidumbres) se presenta información general sobre los procedimientos para evaluar la incertidumbre.

10.3.5 Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes

Para lograr la exhaustividad se deben considerar todas las principales categorías de animales que se gestionan en el país. En caso de que los animales estén incluidos en el inventario respecto al cual no se dispone de datos por defecto y para el cual no se suministran directrices, la estimación de las emisiones debe desarrollarse empleando los mismos principios generales presentados en el análisis de la Sección 10.2.

Se debe tener la precaución de usar un conjunto de estimaciones para los factores de conversión de CH₄ que sea coherente con el correr del tiempo. En algunos casos, puede haber razones para modificar los factores de conversión de metano con el transcurso del tiempo. Estos cambios pueden deberse a la aplicación de medidas explícitas de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) o a modificaciones en las prácticas del agro, como las condiciones de alimentación u otros factores de gestión no relacionados con los GEI. Independientemente de lo que provoque cambios, los datos y los factores de conversión de metano que se utilicen para estimar las emisiones deben reflejar los cambios en las prácticas del agro. Si, durante una serie temporal, los factores de conversión de metano se ven afectados por un cambio en la práctica de gestión y/o por la aplicación de medidas de mitigación de GEI, el compilador del inventario debe asegurarse de que los datos del inventario reflejen tales prácticas. En el texto del inventario debe explicarse minuciosamente la forma en la que los cambios en la práctica de gestión y/o la aplicación de medidas de mitigación han afectado la serie temporal de los factores de conversión de metano. Para orientación general sobre *buenas prácticas* para desarrollar una serie temporal coherente, véase el Volumen 1, Capítulo 5 (Coherencia de la serie temporal).

Es una *buen práctica* realizar verificaciones de control de calidad, tal como se plantea en el Capítulo 6 del Volumen 1 (Garantía de calidad/control de calidad y verificación). Además de la orientación provista en el Volumen 1, se delinean a continuación los procedimientos específicos pertinentes para esta categoría fuente.

Verificación de los datos de la actividad

- El compilador del inventario debe revisar los métodos usados para recabar datos sobre el ganado y, en particular, verificar que los datos de las subespecies de ganado se hayan recabado y agregado correctamente. Se debe efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores para garantizar que son razonables y coherentes con la tendencia esperada. Los compiladores del inventario deben documentar los métodos de obtención de datos, identificar las potenciales áreas de sesgo, y evaluar la representatividad de los datos. Se puede emplear una modelización de la población a fin de respaldar este método.

Revisión de los factores de emisión

- Si se emplea el método de Nivel 2/3, el compilador del inventario deberá realizar una verificación cruzada de los factores específicos del país contra los valores por defecto del IPCC. Se debe explicar y documentar toda diferencia significativa entre los factores específicos del país y los factores por defecto.

Revisión externa

- Si se utiliza un método de Nivel 3/3, se alienta al compilador del inventario a llevar a cabo una revisión nacional e internacional a cargo de expertos de la industria, de instituciones académicas y de instituciones de extensión.
- Es importante mantener documentación interna referida a los resultados de las revisiones.

Para mejorar la transparencia, las estimaciones de emisiones de esta categoría fuente se deberán informar conjuntamente con los datos de la actividad y los factores de emisión utilizados para determinar las estimaciones.

Se debe documentar la siguiente información:

- Todos los datos de la actividad, incluyendo los datos de la población animal por categoría y región.
- Documentación de los datos de la actividad, incluyendo:
 - (i) Las fuentes de todos los datos de la actividad utilizados en los cálculos (es decir, citar exhaustivamente la base de datos estadística de la cual se obtuvieron los datos).
 - (ii) La información y las hipótesis que se utilizaron para desarrollar los datos de la actividad, en los casos en los que éstos no hayan estado disponibles directamente en las bases de datos; y
 - (iii) La frecuencia de la recopilación de datos y estimaciones de su exactitud y precisión.
- Si se utiliza un método de Nivel 1, todos los factores de emisión por defecto que se emplearon en la estimación de las emisiones para las categorías de animales específicas.
- Si se empleó un método de Nivel 2:
 - (i) Valores de Y_m ;

- (ii) Valores de DE estimados o tomados de otros estudios; y
 - (iii) Documentación completa de los datos utilizados, incluyendo sus referencias.
- Para inventarios en los que se utilicen factores de emisión específicos del país o de la región o en los que se empleen nuevos métodos, como el de Nivel 3, se deberán documentar minuciosamente las bases científicas de los factores de emisión y los principios del nuevo método. La documentación debe incluir las definiciones de los parámetros de ingresos y una descripción del principio y proceso mediante el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y las magnitudes de las incertidumbres.

10.4 EMISIONES DE METANO PRODUCIDAS POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

En esta sección se describe cómo estimar el CH₄ producido durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol, así como del estiércol depositado en la pastura. El término «estiércol» se utiliza aquí, colectivamente, de modo que incluye la bosta y la orina (es decir, los sólidos y los líquidos) producidos por el ganado. Las emisiones relacionadas con el quemado de bosta como combustible deben declararse bajo el Volumen 2 (Energía) o Volumen 5 (Desechos) si se la quema sin recuperación de energía. La descomposición del estiércol bajo condiciones anaeróbicas (es decir, en ausencia de oxígeno), durante su almacenamiento y tratamiento, produce CH₄. Estas condiciones se dan más fácilmente cuando se gestionan grandes cantidades de animales en una superficie confinada (p. ej., tambos, corrales de ganado de carne, y granjas de ovinos y de aves de corral), y donde se elimina el estiércol en sistemas basados en líquidos. Se declaran las emisiones de CH₄ relacionadas con el manejo y el almacenamiento de estiércol bajo «Gestión del Estiércol».

Los principales factores que inciden en las emisiones de CH₄ son la cantidad de estiércol que se produce y la porción que se descompone anaeróbicamente. La primera depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la segunda depende de cómo se gestiona el estiércol. Cuando el estiércol se almacena o se procesa como líquido (p. ej., en lagunas, estanques, tanques o pozos), se descompone anaeróbicamente y puede producir una cantidad significativa de CH₄. La temperatura y el tiempo de retención de la unidad de almacenamiento son dos factores que inciden significativamente en la cantidad de metano producida. Cuando el estiércol se maneja como sólido (p. ej., en parvas o pilas) o cuando se lo deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH₄.

10.4.1 Elección del método

Hay tres niveles para estimar las emisiones de CH₄ del estiércol del ganado. En el árbol de decisiones de la Figura 10.3 se brinda orientación para determinar qué nivel usar.

Nivel 1

Un método simplificado para estimar las emisiones que sólo requiere los datos de la población de ganado por especie/categoría animal y del clima de la región o la temperatura, en combinación con los factores de emisión por defecto del IPCC. Dado que algunas emisiones de sistemas de gestión del estiércol dependen en gran parte de la temperatura, es una *buena práctica* estimar la temperatura anual promedio relacionada con los lugares donde se gestiona el estiércol.

Nivel 2

Se debe aplicar un método más complejo para estimar las emisiones de CH₄ producidas por la gestión del estiércol donde una especie/categoría de ganado en particular represente una parte significativa de las emisiones de un país. Este método requiere información detallada sobre las características de los animales y las prácticas de gestión del estiércol, la que se emplea para desarrollar factores de emisión específicos para las condiciones del país.

Nivel 3

Algunos países en los que las emisiones del ganado sean particularmente importantes pueden desear ir más allá del método de Nivel 2 y desarrollar modelos para metodologías específicas del país o emplear métodos basados en mediciones para cuantificar los factores de emisión.

El método elegido depende de la disponibilidad de datos y de las circunstancias nacionales. Una *buena práctica* para estimar las emisiones de CH₄ producidas por los sistemas de gestión del estiércol implica realizar todos los esfuerzos posibles para utilizar el método de Nivel 2, incluyendo el cálculo de los factores de emisión empleando información específica del país. Sólo se debe utilizar el método de Nivel 1 si se han agotado todas las formas posibles de usar el de Nivel 2 y/o si se determina que la fuente no es una categoría o subcategoría principal.

Independientemente del método elegido, en primer lugar, se debe dividir la población animal en categorías, según lo descrito en la Sección 10.2, que reflejen las diversas cantidades de estiércol producidas por animal.

Se utilizan los siguientes cuatro pasos para estimar las emisiones de CH₄ producidas por la gestión del estiércol:

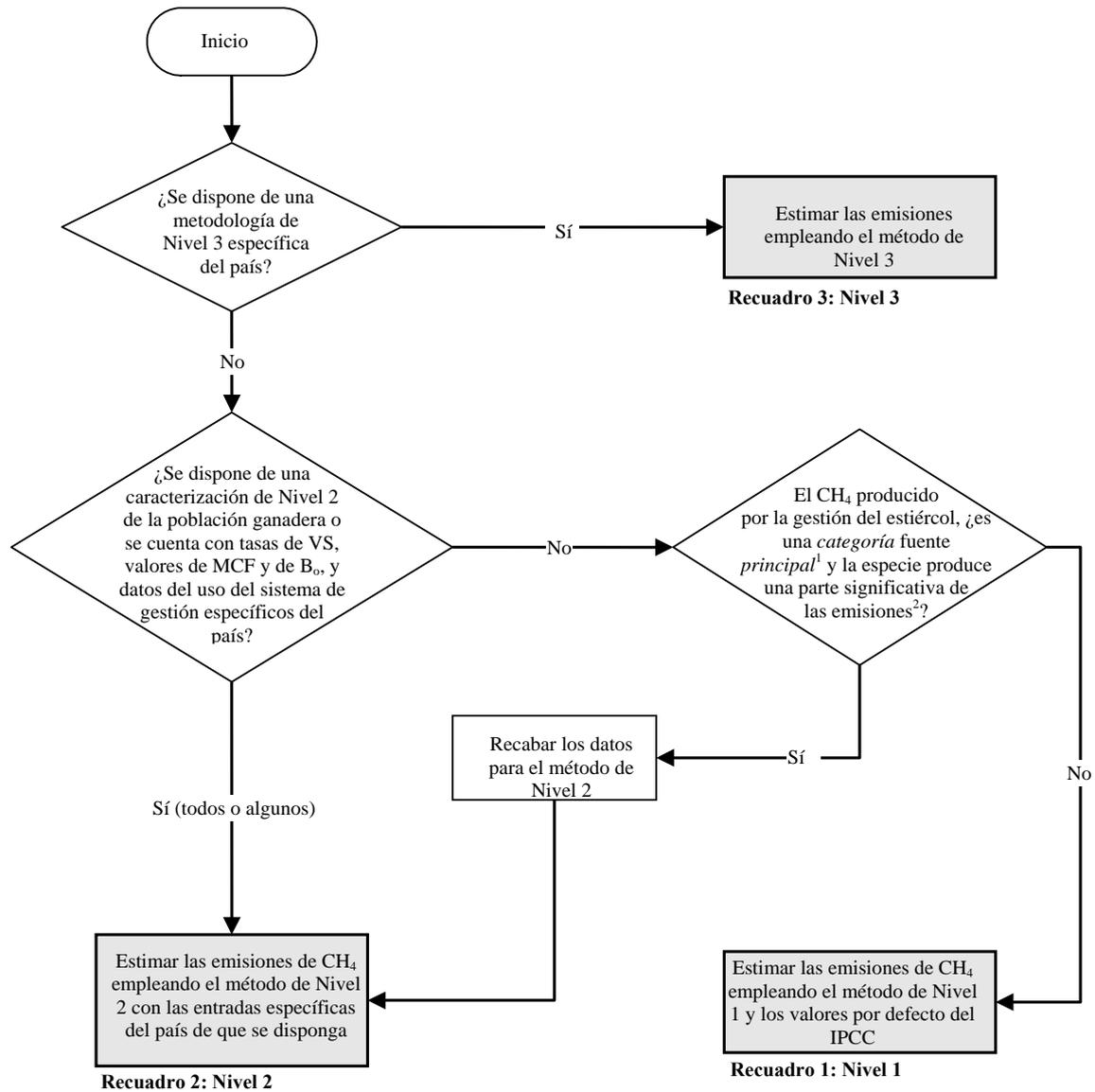
Paso 1: recabar datos de la población a partir de la Caracterización de la Población de ganado (véase la Sección 10.2).

Paso 2: emplear valores por defecto o desarrollar factores de emisión específicos del país para cada subcategoría de ganado en función de los kilos de metano por animal por año.

Paso 3: multiplicar los factores de emisión de las subcategorías de ganado por las poblaciones de las éstas para estimar la emisión de cada subcategoría, y sumar lo de todas las subcategorías para estimar la emisión total por especie de ganado primaria.

Paso 4: sumar las emisiones de todas las especies de ganado definidas para determinar las emisiones nacionales.

Figura 10.3 **Árbol de decisiones para emisiones de CH₄ resultantes de la gestión del estiércol**



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.

2: Como regla general, una especie de ganado será significativa si es la que produce un 25-30% o más de las emisiones de la

La Ecuación 10.22 muestra cómo calcular las emisiones de CH₄ producidas por la gestión del estiércol:

ECUACIÓN 10.22
EMISIONES DE CH₄ DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

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

Donde:

CH_{4Estiércol} = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH₄ año⁻¹

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

N_(T) = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado *T* del país

T = especie/categoría de ganado

10.4.2 Elección de los factores de emisión

La mejor manera de determinar los factores de emisión es llevando a cabo mediciones no invasivas ni perturbadoras de las emisiones en sistemas reales representativos de los que se emplean en el país. Estos resultados de campo pueden utilizarse para desarrollar modelos para estimar los factores de emisión (Nivel 3). Esas mediciones son difíciles de realizar y requieren recursos y conocimiento experto significativos, así como equipos, que pueden no estar disponibles. Por ello, aunque este método se recomienda para mejorar la exactitud, no es necesario para una *buena práctica*. En esta sección se brindan dos alternativas para desarrollar factores de emisión, en las que su selección depende del método (es decir, Niveles 1 o 2) elegido para estimar las emisiones.

Nivel 1

Cuando se usa el método de Nivel 1, se emplean los factores de emisión de metano por categoría o subcategoría de ganado. Los factores de emisión por defecto por temperatura anual promedio se presentan en los Cuadros 10.14, 10.15 y 10.16 para cada una de las subcategorías de población recomendadas. Estos factores de emisión representan el rango de contenido de sólidos volátiles del estiércol y de prácticas de gestión del estiércol empleados en cada región, así como la diferencia en las emisiones debida a la temperatura. En los Cuadros 10A-4 a 10A-9, ubicados en el Anexo 10A.2, se presentan las hipótesis subyacentes utilizadas para cada región. Los países que emplean un método del Nivel 1 para estimar las emisiones de metano producidas por la gestión de desechos deben revisar las variables regionales de dichos cuadros para identificar la región con mayor similitud en cuanto a operaciones animales, y emplear los factores de emisión por defecto para esa región.

En el Cuadro 10.14 se presentan los factores de emisión por defecto para vacunos, porcinos y búfalos para cada región y clasificación de temperatura. Los factores de emisión se encuentran listados por temperatura anual promedio para la zona climática en la que se gestiona el estiércol del ganado. Los datos de temperatura deben estar basados en las estadísticas meteorológicas nacionales, si las hubiere. Los países deben estimar los porcentajes de población animal de las diferentes zonas de temperaturas y calcular un factor de emisión promedio ponderado. Donde no resulte posible, se podría utilizar la temperatura promedio anual de todo el país; no obstante, puede que esto no brinde una estimación exacta de las emisiones, ya que éstas son muy sensibles a las variaciones de temperatura (p. ej., sistemas líquidos/de fango).

En los Cuadros 10.15 y 10.16 se presentan los factores de emisión por defecto para la gestión del estiércol respecto a otras especies animales. En el Cuadro 10.15 se muestran factores de emisión para países desarrollados y en desarrollo, y se reflejan las diferencias generales en ingesta alimentaria y características de los alimentos de los animales en ambas regiones. A excepción de «ponedoras (húmedo)» en aves de corral, estos factores de emisión reflejan el hecho de que, virtualmente, todo el estiércol de estos animales se gestiona en sistemas de gestión de estiércol «seco», incluyendo pasturas y prados, corrales de alimentación en seco y por distribución diaria en el campo (Woodbury y Hashimoto, 1993).

CUADRO 10.14
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR TEMPERATURA PARA VACUNOS, PORCINOS Y BÚFALOS(KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)

Características regionales	Especies de ganado	Factores de emisión de CH ₄ según la temperatura promedio anual (°C) ^b																		
		Frío					Templado											Cálido		
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28
América del Norte: Regularmente se utilizan sistemas de base líquida para estiércol de vacas lecheras y de porcinos. Habitualmente, el estiércol del resto del ganado vacuno se gestiona como sólidos y depositado en pasturas o prados.	Vacas lecheras	48	50	53	55	58	63	65	68	71	74	78	81	85	89	93	98	105	110	112
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Porcinos de carne	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	22	23	23
	Porcinos de cría	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	44	45
Europa Occidental: Regularmente se emplean sistemas de líquidos/fango y de almacenamiento en pozos para estiércol de vacunos y porcinos. La cantidad de tierras de cultivo para esparcir estiércol es limitada.	Vacas lecheras	21	23	25	27	29	34	37	40	43	47	51	55	59	64	70	75	83	90	92
	Otros vacunos	6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26
	Porcinos de carne	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	21
	Porcinos de cría	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29	32	33
	Búfalos	4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Europa Oriental: Se utilizan sistemas basados en sólidos para la mayor parte del estiércol. Alrededor de una tercera parte del estiércol del ganado se gestiona en sistemas basados en líquidos.	Vacas lecheras	11	12	13	14	15	20	21	22	23	25	27	28	30	33	35	37	42	45	46
	Otros vacunos	6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23
	Porcinos de carne	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	10	10	10
	Porcinos de cría	4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	16	17	17
	Búfalos	5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	15	16	17	19	19
Oceanía: La mayor parte del estiércol vacuno se gestiona como sólidos en pasturas y prados, excepto en cuanto a vacas lecheras con algo de uso en lagunas. Alrededor de la mitad del estiércol de los porcinos se gestiona en lagunas anaeróbicas.	Vacas lecheras	23	24	25	26	26	27	28	28	28	29	29	29	29	29	30	30	31	31	31
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Porcinos de carne	11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	Porcinos de cría	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24
América Latina: Casi todo el estiércol del ganado se gestiona como sólidos en pasturas y prados. El estiércol de los búfalos se deposita en pasturas y prados.	Vacas lecheras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Porcinos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	Búfalos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2

CUADRO 10.14
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR TEMPERATURA PARA VACUNOS, PORCINOS Y BÚFALOS(KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)

Características regionales	Especies de ganado	Factores de emisión de CH ₄ según la temperatura promedio anual (°C) ^b																				
		Frío					Templado										Cálido					
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28		
África: la mayor parte del estiércol del ganado se gestiona como sólidos en pasturas y prados. Una cantidad menor, aunque significativa, se quema como combustible.	Vacas lecheras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Otros vacunos	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Porcinos	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Oriente Medio: más de dos tercios del estiércol vacuno se deposita en pasturas y prados. Alrededor de una tercera parte del estiércol de los porcinos se gestiona en sistemas basados en líquidos. El estiércol de los búfalos se quema como combustible o se gestiona como sólidos.	Vacas lecheras	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Porcinos	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6
	Búfalos	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Asia: aproximadamente la mitad del estiércol vacuno se utiliza como combustible, mientras que el resto se gestiona en sistemas secos. Casi el 40% del estiércol porcino se gestiona como líquido. El estiércol de los búfalos se gestiona en corrales de alimentación en seco y se deposita en pasturas y prados.	Vacas lecheras	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	26	28	31	31		
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	Porcinos	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7		
	Búfalos	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Subcontinente indio: aproximadamente la mitad del estiércol vacuno y de búfalos se utiliza como combustible, mientras que el resto se gestiona en sistemas secos. Alrededor de una tercera parte del estiércol porcino se gestiona como líquido.	Vacas lecheras	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6		
	Otros vacunos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	Porcinos	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6		
	Búfalos	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		

Fuente: Véase el Anexo 10A.2, Cuadros 10A-4 a 10A-8 para la derivación de estos factores de emisión.

La incertidumbre de estos factores de emisión es de ±30%.

^a Al seleccionar un factor de emisión por defecto, consultar los cuadros del Anexo 10A.2 que sirven de apoyo en cuanto a la distribución de sistemas de gestión del estiércol y a las características de los desechos animales utilizadas para estimar las emisiones. Seleccionar un factor de emisión para una región que coincida lo más posible con las características propias.

^b Todas las características no están necesariamente representadas dentro de cada región. Por ejemplo, no hay zonas cálidas significativas en Europa Occidental u Oriental. De la misma manera, no hay zonas frías significativas en África ni en el Oriente Medio.

Nota: no hay poblaciones significativas de búfalos en América del Norte, Oceanía y África.

CUADRO 10.15
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR TEMPERATURA PARA OVINOS, CAPRINOS, CAMÉLIDOS, EQUINOS, MULAS Y ASNOS, Y AVES DE CORRAL^a (KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)

Ganado	Factor de emisión de CH ₄ según la temperatura promedio anual (°C)		
	Fría (<15°C)	Templada (15 a 25°C)	Cálida (>25°C)
Ovinos			
Países desarrollados	0,19	0,28	0,37
Países en desarrollo	0,10	0,15	0,20
Caprinos			
Países desarrollados	0,13	0,20	0,26
Países en desarrollo	0,11	0,17	0,22
Camélidos			
Países desarrollados	1,58	2,37	3,17
Países en desarrollo	1,28	1,92	2,56
Equinos			
Países desarrollados	1,56	2,34	3,13
Países en desarrollo	1,09	1,64	2,19
Mulas y asnos			
Países desarrollados	0,76	1,10	1,52
Países en desarrollo	0,60	0,90	1,20
Aves de corral			
Países desarrollados			
Ponedoras (seco) ^b	0,03	0,03	0,03
Ponedoras (húmedo) ^c	1,2	1,4	1,4
Parrilleros	0,02	0,02	0,02
Pavos	0,09	0,09	0,09
Patos	0,02	0,03	0,03
Países en desarrollo	0,01	0,02	0,02

La incertidumbre de estos factores de emisión es de ±30%.

Fuentes: Factores de emisión desarrollados a partir de: valores de la ingesta alimentaria y digestibilidad de alimentos utilizados para desarrollar factores de emisión por fermentación entérica (véase el Anexo 10A.1); A excepción de lo referido a aves de corral en países desarrollados, los valores los factores de conversión de metano (MCF) y de la capacidad máxima de producción de metano (B₀) son los declarados en Woodbury y Hashimoto (1993). Las aves de corral de países desarrollados se subdividieron en cinco categorías. Las ponedoras (seco) representan ponedoras bajo el sistema de gestión de desechos «sin cama»; las ponedoras (húmedo) representan las ponedoras en un sistema de gestión de desechos de laguna anaeróbica. En cuanto a ponedoras, los sólidos volátiles (VS, del inglés *volatile solids*) son valores declarados en USDA (1996); los valores masa animal típica son de ASAE (1999); los valores de B₀ para ponedoras son los informados por Hill (1982). En cuanto a parrilleros y pavos, los valores de B₀ son de Hill (1984); los de masa animal típica son de ASAE (1999); y los de VS son los declarados en USDA (1996). Los valores de B₀ para patos fueron transferidos de parrilleros y pavos; los valores de la masa animal típica son de MWPS-18; y los de VS son de USDA, AWMFH. Los valores de masa típica de ovinos, caprinos y equinos, y de VS y B₀ en caprinos y equinos para países desarrollados se actualizaron según el análisis de inventarios de GEI de los países del Anexo I. Se supone que todo el estiércol, a excepción del de ponedoras (húmedo), se maneja con sistemas en seco, lo que es coherente con el uso de sistemas de gestión de estiércol declarado en Woodbury y Hashimoto (1993).

^a Al seleccionar un factor de emisión por defecto, asegurarse de consultar los cuadros del Anexo 10A.2 que sirven de apoyo en cuanto a la distribución de sistemas de gestión del estiércol y a las características de los desechos animales utilizadas para estimar las emisiones. Seleccionar un factor de emisión para una región que coincida lo más posible con las características propias.

^b Operaciones con ponedoras que gestionan estiércol en seco.

^c Operaciones con ponedoras que gestionan el estiércol como líquido, como cuando se lo almacena en una laguna anaeróbica.

CUADRO 10.16	
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DE ESTIÉRCOL PARA CIERVOS, RENOS, CONEJOS Y PELÍFEROS	
Ganado	Factor de emisión de CH₄ (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)
Ciervos ^a	0,22
Renos ^b	0,36
Conejos ^c	0,08
Pelíferos (p. ej., zorros, visones) ^b	0,68
La incertidumbre de estos factores de emisión es de ±30%.	
^a Sneath <i>et al.</i> (1997)	
^b Estimaciones de la Universidad de Agronomía de Noruega, Instituto de Química y Biotecnología, Sección Microbiología.	
^c Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC	

Nivel 2

El método de Nivel 2 es aplicable cuando la gestión del estiércol constituye una fuente principal o cuando los datos empleados para desarrollar los valores por defecto no se corresponden con las condiciones de gestión del ganado y del estiércol del país en cuestión. Considerando que las características de los vacunos, búfalos y porcinos, así como los sistemas de gestión del estiércol pueden diferir significativamente entre los países, los países con grandes poblaciones de estos animales deben considerar la posibilidad de aplicar el método de Nivel 2 para estimar las emisiones de metano. El método de Nivel 2 se basa en dos tipos fundamentales de entradas que inciden sobre el cálculo de los factores de emisión de metano del estiércol:

Las características del estiércol: incluye la cantidad de sólidos volátiles (VS) producida en el estiércol y la cantidad máxima de metano que puede producir ese estiércol (B₀). La producción de VS del estiércol puede estimarse sobre la base de la ingesta alimentaria y de la digestibilidad, que son variables también utilizadas para desarrollar los factores de emisión por fermentación entérica de Nivel 2. Alternativamente, las tasas de producción de VS pueden basarse en mediciones de laboratorio del estiércol del ganado. La B₀ varía según las especies animales y el régimen alimentario, y es un rendimiento teórico del metano basado en la cantidad de VS contenidos en el estiércol. Los materiales usados en las camas (paja, aserrín, viruta, etc.) no están incluidos en los VS modelizados según el método de Nivel 2. El tipo y el uso que se da a estos materiales es muy variable entre los distintos países. Dado que, habitualmente, están relacionados con sistemas de almacenamiento de sólidos, su aporte no sería significativo para la producción total de metano.

Características del sistema de gestión del estiércol: incluye los tipos de sistemas empleados para gestionar el estiércol y un factor de conversión de metano específico del sistema (MCF, del inglés *methane conversion factor*) que refleja la porción de B₀ que se está logrando. Se utilizan evaluaciones regionales de los sistemas de gestión del estiércol para estimar la porción de éste que se maneja con cada una de las técnicas de gestión del estiércol. El Cuadro 10.18 incluye una descripción de los sistemas de gestión del estiércol. El MCF del sistema varía según la forma en la que se gestiona el estiércol y con el clima; teóricamente, puede oscilar entre un 0 y un 100%. Tanto la temperatura como el tiempo de retención desempeñan un papel importante en el cálculo del MCF. El estiércol que se gestiona como líquido bajo condiciones de calor y durante un lapso prolongado es fuente de formación de metano. Estas condiciones de gestión del estiércol pueden tener MCF altos, del 65 al 80%. El estiércol que se gestiona como material en seco en climas fríos no produce metano fácilmente y, por lo tanto, tiene un MCF de aproximadamente 1%.

El desarrollo de factores de emisión de Nivel 2 implica determinar un MCF promedio ponderado empleando las estimaciones del estiércol gestionado por cada sistema de desechos dentro de cada región climática. Entonces, el MCF promedio se multiplica por la tasa de excreción de VS y por la B₀ de las categorías de ganado. En forma de ecuación, la estimación es la siguiente:

<p>ECUACIÓN 10.23</p> <p>FACTOR DE EMISIÓN DE CH₄ DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL</p> $EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[B_{o(T)} \cdot 0,67 \text{ kg / m}^3 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \cdot MS_{(T,S,k)} \right]$
--

Donde:

EF_(T) = factor de emisión anual de CH₄ para la población de ganado categoría T, kg CH₄ animal⁻¹ año⁻¹

VS_(T) = sólidos volátiles excretados por día en la categoría de ganado T, kg materia seca animal⁻¹ día⁻¹

365 = base para calcular la producción anual de VS, días año⁻¹

$B_{o(T)}$ = capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado de la categoría T , m³ CH₄ kg⁻¹ de VS excretados

0,67 = factor de conversión de m³ de CH₄ a kilos de CH₄

$MCF_{(S,k)}$ = 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 de desechos S en la región climática k , sin dimensión

Incluso cuando el nivel de detalle presentado en el método de Nivel 2 resulte imposible en algunos países, se pueden utilizar datos específicos del país, tales como masa animal, excreción de VS, etc. para mejorar las estimaciones de las emisiones. Si se dispone de datos específicos del país sólo para una parte de estas variables, se alienta a los países a que calculen factores de emisión específicos del país empleando los datos de los Cuadros 10A-4 a 10A-9 para cubrir las brechas.

Se pueden utilizar programas de medición para mejorar las bases con las que se realizan las estimaciones. En particular, las mediciones de emisiones de sistemas de gestión de estiércol bajo condiciones de campo resultan útiles para verificar los MCFs. Además, las mediciones de B_o del ganado en regiones tropicales y para diversos regímenes de dieta son necesarias para ampliar la representatividad de los factores por defecto.

Dado que las emisiones pueden variar significativamente entre regiones y especies/categorías de ganado, las estimaciones de las emisiones deben reflejar, de la mejor manera posible, la diversidad y el rango de las poblaciones de ganado y de las prácticas de gestión del estiércol entre las diferentes regiones de un país. Esto puede requerir que se desarrollen estimaciones independientes para cada región. Los factores de emisión deben actualizarse periódicamente para contabilizar los cambios de las características del estiércol y de las prácticas de gestión. Estas revisiones deben basarse en datos fiables revisados científicamente. Es deseable que se realicen frecuentes monitorizaciones para verificar los parámetros principales del modelo y para rastrear las tendencias de cambio del rubro ganadero.

Tasas de excreción de VS

Los sólidos volátiles (VS) constituyen el material orgánico del estiércol animal y consisten en fracciones tanto biodegradables como no-biodegradables. El valor a aplicar en la Ecuación 10.23 es el del total de VS (tanto las fracciones biodegradables como las no-biodegradables) tal como las excreta cada especie animal, dado que los valores de B_o se basan en el total de VS que entra en los sistemas. La mejor manera de obtener las tasas diarias de excreción de VS es usando datos de fuentes de publicación nacional. Si no se dispone de las tasas diarias de excreción de VS, se puede estimar las específicas del país a partir de los niveles de ingesta alimentaria. La ingesta alimentaria de vacunos y búfalos se puede estimar empleando el método «Mejorado» de caracterización descrito en la Sección 10.2. Esto garantiza también la coherencia de los datos subyacentes a las estimaciones de emisiones. En cuanto a los porcinos, se pueden requerir datos específicos del país sobre producción porcina para estimar la ingesta alimentaria.

El contenido de VS del estiércol equivale a la fracción de la dieta consumida que no se digiere y que, por ende, se excreta como materia fecal y, que, combinada con las excreciones urinarias, constituye el estiércol. Los países deben estimar la ingesta de energía bruta (GE) (Sección 10.2, Ecuación 10.16) y su fracción de digestibilidad, DE, en el proceso de estimar las emisiones entéricas de metano.

Una vez estimados estos valores, la tasa de excreción de VS se estima como sigue:

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⁻¹

GE = ingesta de energía bruta, MJ día⁻¹

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 0,04 GE 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 los mismos.

18.45 = factor de conversión para GE dietaria por kg de materia seca (MJ kg^{-1}). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

En la Sección 10.2, Cuadro 10.2 de este informe se suministran valores representativos de DE% para distintas categorías de ganado. El valor de la fracción de contenido de cenizas puede variar sustancialmente entre los tipos de ganado y debe reflejar las circunstancias del país.

Valores de B_o

La capacidad máxima de producción de metano del estiércol (B_o) varía según las especies y la dieta. El método preferido para obtener valores de medición de B_o es la utilización de datos de fuentes específicas del país, medidos con un método normalizado. Es importante normalizar la medición de la B_o , incluyendo el método de muestreo, y confirmar si el valor está basado en el total de VS excretado o de VS biodegradables, dado que el cálculo de Nivel 2 se basa en el total de VS excretado. Si no se dispone de valores de medición de B_o específicos del país, se suministran valores por defecto en los Cuadros 10A-4 a 10A-9.

MCF

En el Cuadro 10.17 se suministran los factores de conversión de metano (MCF) por defecto para distintos sistemas de gestión del estiércol y según las temperaturas anuales promedio. Los MCF se determinan para un sistema específico de gestión del estiércol y representan el grado en el que se logra la B_o . La cantidad de metano generada por un sistema específico de gestión del estiércol se ve afectada por el grado en que se encuentren presentes las condiciones anaeróbicas, la temperatura del sistema y por el tiempo de retención del material orgánico en el sistema. En los valores de MCF por defecto para lagunas que se presentan en el Cuadro 10.17 se incluye el efecto de los tiempos de retención más prolongados y, como resultado de ello, son más altos que otros sistemas en la mayoría de las circunstancias.

Dado que los sistemas basados en líquidos son muy sensibles a los efectos de la temperatura, donde resulta posible, los valores de MCF por defecto para estos sistemas se han presentado en el Cuadro 10.17 para temperaturas promedio anuales específicas en cada rango de climas. Aunque estos rangos de temperatura deben cubrir la mayoría de las condiciones climáticas, en zonas con temperaturas promedio anuales extremadamente altas o bajas, fuera del rango de 10 a 28 °C, deben utilizar los valores extremos del rango (es decir, 10 o 28 grados) o investigar cómo desarrollar valores específicos para el país.

Estos valores por defecto pueden no incluir la variación potencialmente amplia entre las categorías definidas de los sistemas de gestión. Por lo tanto, de ser posible, deben desarrollarse MCF específicos por país que reflejen los sistemas específicos de gestión empleados en cada país o región en particular. Esto tiene una importancia especial para países con grandes poblaciones de animales o con múltiples regiones climáticas. En tales casos, si es posible, deben realizarse mediciones de campo para cada región climática a fin de reemplazar los valores de MCF por defecto. En las mediciones se deberán incluir los siguientes factores:

- Oportunidad del almacenamiento o de la aplicación;
- Características de los alimentos y de los animales en el lugar de la medición (véase la Sección 10.2 en cuanto al tipo de datos que sería pertinente);
- Duración del almacenamiento;
- Características del estiércol (p. ej., concentraciones de VS de entrada y salida en sistemas líquidos);
- Determinación de la cantidad de estiércol que queda en las instalaciones de almacenamiento (inóculo metanogénico);
- Distribución temporal y de temperatura entre el almacenamiento en interior y al aire libre;
- Fluctuación diaria de la temperatura; y
- Variación estacional de la temperatura.

CUADRO 10.17 VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL																					
Sistema ^a	MCF según la temperatura promedio anual (°C)																				Fuente y comentarios
	Frío					Templado										Cálido					
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28		
Pastura/Prado/Pradera	1,0%					1,5%										2,0%					Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Hashimoto y Steed (1994).
Distribución diaria	0,1%					0,5%										1,0%					Hashimoto y Steed (1993).
Almacenaje de sólidos	2,0%					4,0%										5,0%					Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Amon <i>et al.</i> (2001), que muestra emisiones de aproximadamente 2% en invierno y 4% en verano. Clima cálido sobre la base del dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998).
Corral de engorde	1,0%					1,5%										2,0%					Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Hashimoto y Steed (1994).
Líquido/Fango	Con cobertura de costra natural	10%	11%	13%	14%	15%	17%	18%	20%	22%	24%	26%	29%	31%	34%	37%	41%	44%	48%	50%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001) y Sommer (2000). La reducción estimada por cobertura de costra (40%) es un valor promedio anual basado en un conjunto limitado de datos y puede variar significativamente según la temperatura, las precipitaciones y la composición. Cuando se utilizan cisternas de líquidos semipastosos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.
	Sin cobertura de costra natural	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001). Cuando se utilizan cisternas de líquidos semipastosos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Sistema ^a	MCF según la temperatura promedio anual (°C)																			Fuente y comentarios	
	Frío					Templado										Cálido					
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28		
Laguna anaeróbica no cubierta	66%	68%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	77%	78%	78%	78%	79%	79%	79%	79%	80%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001). Los MCF de lagunas no cubiertas varían por varios factores, incluyendo temperatura, tiempo de retención, y pérdida de sólidos volátiles del sistema (por la remoción de efluentes y/o sólidos de la laguna).	
Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	< 1 mes	3%					3%										30%				Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Moller <i>et al.</i> (2004) y Zeeman (1994). Nótese que debe utilizarse la temperatura ambiente, y no la estable, para determinar las condiciones climáticas. Cuando se utilizan pozos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.
	> 1 mes	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001). Nótese que debe utilizarse la temperatura ambiente, y no la estable, para determinar las condiciones climáticas. Cuando se utilizan pozos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)																						
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL																						
Sistema ^a		MCF según la temperatura promedio anual (°C)																		Fuente y comentarios		
		Frío					Templado										Cálido					
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			≥ 28
Digestor anaeróbico		0-100%					0-100%										0-100%			Debe subdividirse en diferentes categorías, considerando la cantidad de recuperación de biogás, el quemado de biogás y el almacenamiento post-digestión. Cálculo con la Fórmula 1.		
Quemado para combustible		10%					10%										10%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Safley <i>et al.</i> (1992).		
Camas profundas para vacunos y porcinos	< 1 mes	3%					3%										30%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Moller <i>et al.</i> (2004). Es de esperar que las emisiones sean similares, y posiblemente mayores, que las del almacenamiento en pozo, según el contenido orgánico y del de humedad.		
Camas profundas para vacunos y porcinos (cont.)	> 1 mes	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001).	
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – en tambor		0,5%					0,5%										0,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son menos de la mitad del almacenamiento de sólidos No dependiente de la temperatura.		
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – Pila estática ^b		0,5%					0,5%										0,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son menos de la mitad del almacenamiento de sólidos No dependiente de la temperatura.		
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – intensivo en filas ^b		0,5%					1,0%										1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son algo menos que el almacenamiento de sólidos. Menos dependiente de la temperatura.		
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – pasivo en filas ^b		0,5%					1,0%										1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son algo menos que el almacenamiento de sólidos. Menos dependiente de la temperatura.		

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Sistema ^a	MCF según la temperatura promedio anual (°C)																		Fuente y comentarios
	Frío					Templado										Cálido			
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Estiércol de aves de corral con hojarasca	1,5%					1,5%										1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Los MCF son similares al almacenamiento de sólidos aunque, generalmente, con constantes temperaturas altas.
Estiércol de aves de corral sin hojarasca	1,5%					1,5%										1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Los MCF son similares a los de corral de engorde en un clima cálido.
Tratamiento aeróbico	0%					0%										0%			Los MCF son cercanos a cero. El tratamiento aeróbico puede traer como resultado una acumulación de barros que se pueden tratar en otros sistemas. Los barros requieren remoción y tienen altos valores de VS. Es importante identificar el siguiente proceso de gestión del barro y estimar las emisiones resultantes del proceso de gestión, si son significativas.
<p>Fórmula 1 (El marco temporal para las entradas debe reflejar el período de operación del digestor): $MCF = \left[\frac{\{CH_4 \text{ prod} - CH_4 \text{ usado} - CH_4 + (MCF_{\text{almacenamiento}} / 100 * B_o * VS_{\text{almacenamiento}} * 0.67)\}}{B_o * VS_{\text{almacenamiento}} * 0.67} \right] * 100$ Donde: CH₄ prod = producción de metano en el digestor, (kg CH₄). Nota: cuando se utiliza una tapa estanca al gas en el almacenamiento de estiércol digerido, debe incluirse la producción de gas del almacenamiento. CH₄ usado = cantidad de gas metano utilizado para energía (kg CH₄) CH₄ = cantidad de metano quemado, (kg CH₄) MCF_{almacenamiento} = MCF para CH₄ emitido durante el almacenamiento de estiércol digerido (%) VS_{almacenamiento} = cantidad de VS excretados que van a almacenamiento antes de la digestión (kg VS) Cuando se incluye un almacenamiento estanco al gas: MCF_{almacenamiento} = 0 ; de lo contrario, MCF_{almacenamiento} = valor del MCF para almacenamiento de líquidos</p>																			
<p>^a Las definiciones para sistemas de gestión del estiércol se presentan en el Cuadro 10.18. ^b El compostaje es la oxidación biológica de un residuo sólido, incluyendo estiércol, habitualmente con cama u otra fuente de carbono orgánico, típicamente a temperaturas termofílicas producidas por la producción microbiana de calor.</p>																			

10.4.3 Elección de los datos de la actividad

Hay dos tipos principales de datos de la actividad para estimar las emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol: (1) los datos de la población animal; y (2) los datos del uso del sistema de gestión del estiércol.

Los datos de la población animal deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Como se señalara en la Sección 10.2, constituye una *buena práctica* realizar una única caracterización de la población que suministre los datos de la actividad para todas las fuentes de emisión sobre la base de los datos de la población de ganado. No obstante, es importante hacer notar que el nivel de desagregación de los datos de la población de ganado requerido para estimar las emisiones de la gestión del estiércol puede ser diferente a los usados para otras fuentes, como la fermentación entérica. Por ejemplo, para ciertas especies/categorías de la población de ganado, como los vacunos, la caracterización mejorada requerida para la estimación de la fermentación entérica de Nivel 2 puede agregarse a categorías más amplias que son suficientes para esta categoría de fuente. Para otras especies de ganado, como el porcino, puede ser preferible tener más desagregación de categorías por peso para los cálculos de la gestión del estiércol que para la fermentación entérica. Sin embargo, se debe mantener la coherencia en el total de las categorías de ganado a través de todo el inventario.

Se alienta a los organismos a cargo del inventario de los países con diversas condiciones climáticas a obtener datos de la población para cada una de las zonas climáticas importantes. Además, donde resulte posible, debe obtenerse la temperatura promedio anual asociada donde el estiércol del ganado se gestione en sistemas basados en líquidos (p. ej., pozos, tanques y lagunas). Esto permite una selección más específica de los factores por defecto o de los valores de MCF para aquellos sistemas que sean más sensibles a los cambios de temperatura. Lo ideal es que se pueda obtener una discriminación de la población regional de estadísticas nacionales publicadas sobre ganado y los datos de la temperatura de las estadísticas meteorológicas nacionales. Si no se dispone de datos regionales, debe consultarse a expertos respecto a las pautas de producción regional (p. ej., leche, carne y lana) o la distribución de la tierra, lo que puede proporcionar la información requerida para estimar las distribuciones animales regionales.

Para aplicar el método de Nivel 2, debe recabarse información sobre el estiércol que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol para cada especie animal representativa. En el Cuadro 10.18 se resumen los principales tipos de sistemas de gestión del estiércol. Deben emplearse datos cuantitativos para distinguir si el sistema se caracteriza como de almacenamiento de sólidos o de líquido/fango. El límite entre seco y líquido puede fijarse en un 20% de contenido de materia seca. Nótese que, en algunos casos, el estiércol se puede gestionar mediante varios tipos de sistemas de gestión del estiércol. Por ejemplo, el estiércol que se elimina con agua a presión desde un establo lechero de estabulación libre a una laguna anaeróbica puede pasar previamente a través de una unidad de separación de sólidos en la que parte de los sólidos del estiércol se quitan y se gestionan como sólido. Por lo tanto, es importante analizar cuidadosamente la fracción de estiércol que se gestiona en cada tipo de sistema.

El mejor medio para obtener datos sobre la distribución de sistemas de gestión del estiércol es la consulta de estadísticas nacionales de publicación regular. Si no se dispone de tales estadísticas, la alternativa preferida es realizar un sondeo independiente del uso de sistemas de gestión del estiércol. Si no se dispone de recursos para realizar un sondeo, se debe consultar a expertos para obtener una opinión respecto a la distribución de sistemas. En el Volumen 1, Capítulo 2 *Métodos para la recopilación de datos*, se describe cómo obtener dictámenes de expertos. Se pueden emplear protocolos similares de solicitud a expertos para obtener datos sobre la distribución de sistemas de gestión del estiércol.

10.4.4 Evaluación de incertidumbre

FACTORES DE EMISIÓN

Hay importantes incertidumbres relacionadas con los factores de emisión por defecto para el Nivel 1 (véanse los Cuadros 10.14 a 10.16). El rango de incertidumbre de los factores por defecto puede estimarse en $\pm 30\%$. Se estima que las mejoras logradas con las metodologías de Nivel 2 reducen los rangos de incertidumbre de los factores de emisión en hasta $\pm 20\%$. Las mediciones de emisiones exactas y bien diseñadas de tipos de estiércol y de sistemas de gestión de estiércol bien caracterizados pueden servir de ayuda para reducir aun más estas incertidumbres. En estas mediciones deben tenerse en cuenta la temperatura, las condiciones de humedad, la aireación, el contenido de VS, la duración del almacenamiento y otros aspectos del tratamiento.

Los valores por defecto pueden tener mayor incertidumbre en un país dado porque pueden no reflejar las condiciones específicas de gestión del estiércol presentes en el país. Las incertidumbres se pueden reducir desarrollando y aplicando valores de MCF, B₀ y VS que reflejen las condiciones específicas del país o la región.

CUADRO 10.18
DEFINICIONES DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Sistema	Definición
Pastura/Prado/Pradera	Se deja que el estiércol de los animales en pasturas o prados permanezca como tal, sin gestionarse.
Distribución diaria	Como rutina, el estiércol se saca de instalaciones de confinamiento y se aplica a tierras de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas de su excreción.
Almacenaje de sólidos	El almacenamiento de estiércol, habitualmente por períodos de varios meses, en pilas o parvas no confinadas. El estiércol puede apilarse debido a la presencia de una suficiente cantidad de material de cama o a la pérdida de humedad por evaporación.
Corral de engorde	Una zona de confinación pavimentada o no sin cobertura vegetativa alguna de la que el estiércol acumulado puede retirarse periódicamente.
Líquido/Fango	El estiércol se almacena tal como se excretara o con un mínimo agregado de agua en tanques o en estanques de tierra fuera del lugar en el que están los animales, habitualmente por períodos de menos de un año.
Laguna anaeróbica no cubierta	Tipo de sistema de almacenamiento en líquido diseñado y operado para combinar la estabilización y el almacenamiento de desechos. Habitualmente, se utiliza el sobrenadante de la laguna para retirar el estiércol de las instalaciones de confinamiento relacionadas con ésta. Las lagunas anaeróbicas se diseñan para diversos períodos de almacenamiento (de hasta un año o más), según la región climática, la tasa de carga de sólidos volátiles y otros factores operativos. El agua de la laguna puede reciclarse como agua para limpieza o usarse para irrigar y fertilizar campos.
Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	Recogida y almacenamiento del estiércol, habitualmente con poco o ningún agregado de agua y comúnmente por debajo de un suelo emparrillado, en una instalación de confinamiento de animales, habitualmente por períodos de menos de un año.
Digestor anaeróbico	Las excretas animales con o sin paja se recogen y se resumen anaeróbicamente en un gran tanque contenedor o en una laguna cubierta. En general, los digestores se diseñan y operan para la estabilización de los desechos mediante la reducción microbiana de compuestos orgánicos complejos de CO ₂ y CH ₄ , que se capturan y queman o se usan como combustible.
Quemado para combustible	El estiércol y la orina se excretan en el campo. Las tortas de estiércol secas se queman como combustible.
Camas profundas para vacunos y porcinos	A medida que el estiércol se acumula, se agrega constantemente material de cama para absorber la humedad durante un ciclo de producción y, posiblemente, durante hasta 6 a 12 meses. A este sistema de gestión del estiércol se lo conoce también como sistema de gestión del estiércol de estabulado con cama y se puede combinar con engorde en corral o pastura.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – en tambor ^a	Fabricación de <i>compost</i> , habitualmente en un canal cerrado, con aireación forzada y mezclado permanente.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – Pila estática ^a	Fabricación de <i>compost</i> en pilas con aireación forzada pero sin mezclado.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – intensivo en filas ^a	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas regulares (mínimo diariamente) para mezclado y aireación.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – pasivo en filas ^a	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas frecuentes para mezclado y aireación.
Estiércol de aves de corral con hojarasca	Similar a las camas profundas de vacunos y porcinos excepto porque, habitualmente, no se combina con engorde en corral o pastura. Comúnmente se emplea para lotes de aves de cría y para la producción de pollos para carne (parrilleros) y otras aves.
Estiércol de aves de corral sin hojarasca	Puede ser similar a pozos abiertos en instalaciones cerradas de confinación de animales o puede diseñarse y operarse para secar el estiércol a medida que se acumula. Esto último se conoce como sistema elevado de gestión del estiércol y constituye una forma de fabricación pasiva de <i>compost</i> en filas cuando se lo diseña y opera correctamente.
Tratamiento aeróbico	La oxidación biológica del estiércol recolectado como líquido con aireación forzada o natural. La aireación natural se limita a estanques aeróbicos y de retención y a sistemas de humedales, y se debe fundamentalmente a la fotosíntesis. Por ende, habitualmente, estos sistemas se tornan anóxicos durante períodos sin luz solar.

^a El compostaje es la oxidación biológica de un residuo sólido, incluyendo estiércol, habitualmente con cama u otra fuente de carbono orgánico, en general, a temperaturas termofílicas resultado de la producción microbiana de calor.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – POBLACIONES DE GANADO

Véase la Sección 10.2 Población de ganado y caracterización de los alimentos en cuanto al análisis de la incertidumbre en los datos de la población y la caracterización animal.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – USO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

La incertidumbre de los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol depende de las características de la industria ganadera de cada país y de cómo se recabe la información respecto a la gestión del estiércol. Por ejemplo, para países en los que se confía casi exclusivamente en un único tipo de sistema de gestión, como pasturas y prados, la incertidumbre relacionada con los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser del 10% o menor. Sin embargo, en países con una gran variedad de sistemas de gestión utilizados con diferentes prácticas operativas locales, el rango de incertidumbre en los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser mucho más alto, de entre el 25 y el 50%, según la disponibilidad de datos fiables y representativos en los que se diferencien las poblaciones animales según el sistema en uso. Preferiblemente, cada país debe estimar la incertidumbre asociada con sus datos sobre el uso de sistemas de gestión empleando los métodos descritos en el Volumen 1, Capítulo 3.

10.4.5 Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes

En un inventario completo, deben estimarse las emisiones de CH₄ de todos los sistemas de gestión del estiércol en todas las especies/categorías de ganado identificadas en la Sección 10.2. Se alienta a los países a emplear definiciones de sistemas de gestión del estiércol que sean coherentes con las presentadas en el Cuadro 10.18 a fin de asegurar que se están teniendo en cuenta todos los tipos de sistemas. Se debe realizar una verificación cruzada de los datos de la población entre los principales mecanismos de declaración (como las bases de datos de la FAO y las estadísticas agrícolas nacionales) a fin de asegurar que la información utilizada en el inventario sea completa y coherente. Dada la difundida disponibilidad de la base de datos de la FAO con información ganadera, la mayoría de los países deberían poder preparar, como mínimo, estimaciones de Nivel 1 respecto a las principales categorías de ganado. Para más información respecto a la exhaustividad en la caracterización del ganado, véase la Sección 10.2.

El desarrollo de una serie temporal coherente de estimaciones de emisiones para esta categoría de fuente requiere, como mínimo, recabar una serie temporal internamente coherente de estadísticas de la población de ganado. Se puede encontrar orientación general sobre el desarrollo de una serie temporal coherente en el Volumen 1, Capítulo 5 (Coherencia de la serie temporal).

Si, a través del tiempo, se han producido cambios significativos en las prácticas de gestión del estiércol, el método de Nivel 1 no va a proporcionar una serie temporal exacta de las emisiones (puesto que los factores por defecto de Nivel 1 están basados en un conjunto histórico de parámetros) y se debe considerar la posibilidad de emplear el método de Nivel 2. Cuando se desarrolla una serie temporal para el método de Nivel 2, también es necesario recabar datos sobre los sistemas de gestión del estiércol específicos del país. En los casos en los que no se disponga de datos sobre los sistemas de gestión del estiércol para cierto período de la serie temporal, se pueden emplear tendencias para extrapolar datos de una zona o región de muestra a todo el país, siempre que las condiciones climáticas sean similares (es decir, temperatura y precipitaciones). Si es posible, se debe consultar a los expertos nacionales en ganadería del gobierno, la industria o las universidades para desarrollar tendencias en el uso y las características de los sistemas de gestión.

Si el método de estimación de las emisiones ha cambiado, deben recabarse los datos históricos que requiera el método actual y usarlos para recalcular las emisiones de aquel período. Si no se dispone de tales datos, puede resultar oportuno crear una tendencia con datos recientes y usarla para estimar retroactivamente las prácticas de gestión de la serie temporal. Por ejemplo, puede saberse que ciertas industrias ganaderas se están convirtiendo a sistemas de gestión más intensivos en lugar del pastoreo. Históricamente, se debe capturar este cambio en la serie temporal de emisiones mediante modificaciones a la asignación de sistemas de gestión del estiércol. Puede ser necesario basar esta asignación en el dictamen de expertos del ámbito nacional donde no se disponga de datos de sondeos de amplia cobertura. En el Volumen 1, Capítulo 5 se brinda orientación adicional sobre cómo encarar la realización de los nuevos cálculos. Asimismo, en la Sección 10.2, se sugieren métodos referidos a aspectos de la población animal. En el texto del inventario se debe explicar minuciosamente la forma en la que los cambios en las prácticas rurales o la aplicación de medidas de mitigación han afectado la serie temporal de los datos de la actividad o los factores de emisión.

Es una *buena práctica* realizar verificaciones generales de control de calidad, tal como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6, Garantía de calidad / Control de calidad y verificación, y revisiones a cargo de expertos de las estimaciones de emisión. También pueden ser de aplicación verificaciones de control de calidad y procedimientos de garantía de calidad adicionales, en particular si, para determinar las emisiones de esta 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 debe complementarse con los procedimientos que se analizan a continuación.

VERIFICACIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

- El organismo a cargo del inventario debe revisar los métodos usados para recabar datos sobre el ganado y, en particular, verificar que los datos de las subespecies de ganado se hayan recabado y agregado correctamente. Se deberá efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores, para garantizar que sean razonables y coherentes con la tendencia esperada. Los organismos a cargo del inventario deben documentar los métodos utilizados para recabar datos, identificar las potenciales áreas de sesgo (p. ej., la declaración sistemática de poblaciones animales menores que las reales a los organismos de estadísticas por parte de propietarios ganaderos individuales), y evaluar la representatividad de los datos.
- Se debe revisar regularmente la asignación de sistemas de gestión del estiércol para determinar si se están teniendo en cuenta los cambios producidos en la industria ganadera. La conversión de un tipo de sistema de gestión a otro, y las modificaciones técnicas de la configuración y el comportamiento del sistema deben tenerse en cuenta en la modelización del sistema para el ganado que corresponda.
- La política y la reglamentación nacional del agro pueden tener su efecto sobre los parámetros que se emplean para calcular las emisiones de estiércol y se las debe revisar con regularidad para determinar qué impacto pueden tener. Por ejemplo, las directrices para reducir el escurrimiento de estiércol a masas de agua puede provocar un cambio en las prácticas de gestión y, consecuentemente, afectar el valor del MCF para una categoría de ganado en particular. Se debe mantener la coherencia entre el inventario y los cambios que se vayan produciendo en las prácticas del agro.

REVISIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Si se emplea el método de Nivel 1 (utilizando los factores de emisión por defecto del IPCC), el organismo a cargo del inventario debe evaluar con qué grado de exactitud las tasas de excreción de VS, los valores de B_0 y las prácticas de gestión del estiércol por defecto representan las características de la población animal y del estiércol definidas para el país. Debe realizarse mediante una revisión de la información de referencia de los Cuadros 10A-4 a 10A-9 para determinar en qué grado los parámetros de entrada por defecto coinciden con el área del inventario. Si no hay una buena coincidencia, se puede efectuar una sustitución por parámetros específicos del país más apropiados para desarrollar un factor de emisión mejorado.
- Si se emplea el método de Nivel 2, el compilador del inventario debe realizar una verificación cruzada de los parámetros específicos del país (p. ej., tasas de excreción de VS, B_0 y MCF) contra los valores por defecto del IPCC. Se deberán explicar y documentar las diferencias significativas entre los parámetros específicos del país y los parámetros por defecto.
- Si se emplea el método de Nivel 2, la derivación de las tasas de VS deben compararse con las hipótesis de referencia utilizadas para el inventario de fermentación entérica de Nivel 2, si resulta aplicable. Por ejemplo, los componentes de energía bruta y energía digerible utilizados en el inventario de fermentación entérica pueden utilizarse para una verificación cruzada con las tasas de VS derivadas independientemente. La aplicación de la Ecuación 10.24 (Tasas de excreción de sólidos volátiles) se puede emplear, en este caso, para esa comparación cruzada en rumiantes. Para todos los animales, de forma grosera, las tasas de VS deben ser coherentes con la ingesta alimentaria del animal (es decir, la energía residual no debe exceder la energía de la ingesta) y con el rango de valores de DE% declarado en la Sección 10.2, Cuadro 10.2 de este informe.
- Siempre que resulte posible, los datos de mediciones de que se disponga, aunque representen sólo a una pequeña muestra de los sistemas, deben revisarse con respecto a las hipótesis en cuanto a valores de MCF y estimaciones de producción de CH_4 . Los datos de mediciones representativas pueden proporcionar conocimientos sobre el grado de exactitud con que las hipótesis actuales predicen la producción de CH_4 de los sistemas de gestión del estiércol en la zona del inventario, y sobre cómo ciertos factores (p. ej., la temperatura, la configuración del sistema, el tiempo de retención) están afectando las emisiones. Dada la relativa poca cantidad de información de mediciones disponible respecto a estos sistemas a nivel mundial, todo nuevo resultado puede mejorar la comprensión de estas emisiones y, posiblemente, su predicción.

REVISIÓN EXTERNA

- El organismo a cargo del inventario debe utilizar expertos en gestión de estiércol y nutrición animal para llevar a cabo revisiones a cargo de pares expertos de los métodos y datos utilizados. Aunque estos expertos

pueden no estar familiarizados con las emisiones de gases de efecto invernadero, su conocimiento de los principales parámetros de entrada para los cálculos de las emisiones pueden ayudar a la verificación general de las emisiones. Por ejemplo, los bromatólogos pueden evaluar las tasas de producción de VS para confirmar si son coherentes con lo investigado respecto a utilización de alimentos para ciertas especies de ganado. Los productores del agro pueden proporcionar sus conocimientos sobre las verdaderas técnicas de gestión del estiércol, como períodos de almacenamiento y uso de sistemas mixtos. Siempre que resulte posible, estos expertos deben ser totalmente independientes del proceso del inventario, para permitir una revisión real externa.

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones nacionales, como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6 (Garantía de calidad / Control de calidad y verificación). Cuando se han utilizado datos específicos del país (p. ej., factores de emisión, prácticas de gestión del estiércol, y características del estiércol, como VS y B_0), la derivación o las referencias de estos datos deben documentarse y declararse claramente junto con los resultados del inventario bajo la categoría fuente del IPCC que corresponda. Para mejorar la transparencia, las estimaciones de emisiones de esta categoría fuente deben declararse conjuntamente con los datos de la actividad y los factores de emisión utilizados para determinar las estimaciones.

Se debe documentar la siguiente información:

- Todos los datos de la actividad (p. ej., datos de la población de ganado por especie/categoría y por región), incluyendo las fuentes utilizadas, con mención completa de la base de datos estadísticos de la que se recabaron los datos, y (en los casos en los que los datos no estuvieran disponibles directamente de las bases de datos) la información y las hipótesis que se usaron para derivar los datos de la actividad.
- Las condiciones climáticas (p. ej., temperatura promedio durante el almacenamiento) en las regiones, de corresponder.
- Los datos sobre el sistema de gestión del estiércol, por especie/categoría de ganado y por región, de corresponder. Si se emplean sistemas de gestión del estiércol diferentes a los definidos en este capítulo, se los debe describir.
- La frecuencia de la recolección de datos y estimaciones de su exactitud y precisión.
- Documentación de los factores de emisión, incluyendo:
 - (iv) Las referencias que se usaron para los factores de emisión (por defecto del IPCC u otras); y
 - (v) La base científica de estos factores de emisión y métodos, incluyendo la definición de los parámetros de entrada y la descripción del proceso por el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y magnitudes de las incertidumbres. (En los inventarios en los que se utilizaron factores de emisión específicos de la región o del país, o en los que se utilizaron nuevos métodos diferentes a los descritos aquí).
- Si se utiliza un método de Nivel 1, todos los factores de emisión por defecto que se emplearon en la estimación de las emisiones para las especies/categorías específicas de la población de ganado.
- Si se empleó el método de Nivel 2, la documentación de los componentes para el cálculo de los factores de emisión, incluyendo:
 - (vi) Valores de VS y B_0 para todas las especies/categorías de la población de ganado del inventario, ya sean específicos del país, de la región o por defecto del IPCC; y
 - (vii) Valores de MCF para todos los sistemas de gestión utilizados, fueren específicos del país o por defecto del IPCC.

10.5 EMISIONES DE N_2O POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

En esta sección se describe cómo estimar el N_2O producido, directa o indirectamente, durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol antes de que se lo aplique a la tierra o se lo utilice de otra manera con fines alimentarios, como combustible o para la construcción. El término «estiércol» se utiliza aquí, colectivamente, para incluir bosta y orina (es decir, los sólidos y los líquidos) producidos por el ganado. Las emisiones de N_2O generadas por el estiércol en el sistema «pastura, prados y praderas» se producen directa e indirectamente desde el suelo y, por lo tanto, se declaran bajo la categoría «Emisiones de N_2O de suelos gestionados» (véase el Capítulo 11, Sección 11.2). Las emisiones relacionadas con la quema de estiércol como combustible se declaran

bajo «Quema de combustible» (véase el Volumen 2: Energía), o bajo «Combustión de desechos» (véase el Volumen 5: Desechos) si se queman sin recuperación de energía.

Las emisiones directas de N_2O se producen a través de la nitrificación y desnitrificación combinadas del nitrógeno contenido en el estiércol. La emisión de N_2O del estiércol durante su almacenamiento y tratamiento depende de su contenido de nitrógeno y de carbono, así como de la duración del almacenamiento y del tipo de tratamiento. La nitrificación (oxidación del nitrógeno amoniacal en nitrógeno nitrato) es un prerequisite necesario para la emisión de N_2O del estiércol animal almacenado. Es factible que la nitrificación se produzca en el estiércol animal almacenado siempre que haya un suministro de oxígeno suficiente. La nitrificación no se produce bajo condiciones anaeróbicas. Los nitritos y nitratos se transforman en N_2O y en dinitrógeno (N_2) durante el proceso de desnitrificación que se produce naturalmente, un proceso anaeróbico. Hay acuerdo general en la bibliografía científica respecto a que la relación N_2O / N_2 se incrementa a medida que aumentan la acidez y la concentración de nitratos, y se reduce la humedad. En resumen, la producción y emisión de N_2O del estiércol gestionado requiere la presencia de nitritos o de nitratos en un ambiente anaeróbico, precedida por las condiciones aeróbicas necesarias para la formación de estas formas oxidadas del nitrógeno. Además, se deben dar las condiciones que impiden que el N_2O se reduzca a N_2 , como un bajo pH o una humedad limitada.

Las emisiones indirectas son el resultado de pérdidas de nitrógeno volátil que se producen fundamentalmente en forma de amoníaco y NO_x . La fracción de nitrógeno orgánico excretado que se mineraliza a nitrógeno amoniacal durante la recolección y el almacenamiento del estiércol depende fundamentalmente del tiempo y, en menor grado, de la temperatura. Las formas simples de nitrógeno orgánico, como la urea (en mamíferos) y el ácido úrico (en las aves) se mineralizan rápidamente para formar nitrógeno amoniacal; éste es muy volátil y se esparce fácilmente en el aire circundante (Asman *et al.*, 1998; Monteny y Erisman, 1998). Las pérdidas de nitrógeno comienzan en el punto de excreción de las casas y otras áreas de producción animal (p. ej., tambos) y continúan durante la gestión *in situ* y los sistemas de almacenamiento y tratamiento (es decir, los sistemas de gestión del estiércol). También se pierde nitrógeno durante el escurrimiento y la lixiviación a los suelos del almacenamiento de sólidos de estiércol a la intemperie, en corrales de engorde y donde pastan los animales en las pasturas. Las pérdidas en pasturas se analizan por separado en el Capítulo 11, Sección 11.2, *Emisiones de N_2O de suelos gestionados*, así como las emisiones de compuestos de nitrógeno del ganado en pastoreo.

Dadas las significativas pérdidas directas e indirectas de nitrógeno del estiércol en los sistemas de gestión, es importante estimar la cantidad remanente de nitrógeno del estiércol animal disponible para su aplicación a suelos o para su uso alimentario, como combustible o con fines de construcción. Este valor se utiliza para el cálculo de las emisiones de N_2O de suelos gestionados (véase el Capítulo 11, Sección 11.2). La metodología para estimar el nitrógeno del estiércol que se aplica directamente a los suelos, o disponible para su empleo alimentario, como combustible o con fines de construcción se describe en este capítulo en la Sección 10.5.4 "Coordinación con la declaración para emisiones de N_2O de suelos gestionados".

10.5.1 Elección del método

El nivel de detalle y los métodos elegidos para estimar las emisiones de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol dependen de las circunstancias del país y el árbol de decisiones de la Figura 10.4 describe una *buen práctica* para seleccionar un método en consecuencia. En las siguientes secciones se describen los diferentes niveles a que se hace referencia en el árbol de decisiones para calcular las emisiones directas e indirectas de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol.

Emisiones directas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol

Nivel 1

El método de Nivel 1 implica multiplicar la cantidad total de excreción de N (de todas las especies/categorías de ganado) en cada tipo de sistema de gestión del estiércol por un factor de emisión para ese tipo de sistema de gestión del estiércol (véase la Ecuación 10.25). Entonces, se suman las emisiones de todos los sistemas de gestión del estiércol. El método de Nivel 1 se aplica empleando los factores de emisión de N_2O por defecto del IPCC, los datos de excreción de nitrógeno por defecto, y los datos de los sistemas de gestión del estiércol por defecto (Véase el Anexo 10A.2, Cuadros 10A-4 a 10A-8 en cuanto a las asignaciones de sistemas de gestión por defecto).

Nivel 2

Un método de Nivel 2 sigue la misma ecuación de cálculos que el de Nivel 1, pero incluye el uso de datos específicos del país para algunas o todas estas variables. Por ejemplo, el uso de tasas de excreción de nitrógeno específicas del país para las categorías de ganado constituiría una metodología de Nivel 2.

Nivel 3

En un método de Nivel 3 se utilizan procedimientos de estimación alternativos basados en una metodología específica del país. Por ejemplo, un método basado en procesos y equilibrio de masa que rastrea el nitrógeno a

lo largo del sistema, comenzando por el ingreso alimentario y terminando con el uso/la eliminación final, podría utilizarse como procedimiento de Nivel 3. Los métodos de Nivel 3 deben estar bien documentados para describir claramente los procedimientos de estimación.

Para estimar las emisiones de los sistemas de gestión del estiércol, en primer lugar, la población de ganado debe dividirse en categorías que reflejen las diferentes cantidades de estiércol producidas por animal, así como al manera en la que se maneja el estiércol. Esta clasificación del estiércol según el tipo de sistema debe ser la misma que la utilizada para caracterizar las emisiones de metano de la gestión del estiércol (véase la Sección 10.4). Por ejemplo, si se emplean factores de emisión por defecto de Nivel 1 para calcular las emisiones de CH₄, deben aplicarse los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol de los Cuadros 10A-4 a 10A-8. En la Sección 10.2 se proporciona información detallada sobre cómo caracterizar a la población de ganado para esta fuente.

Se utilizan los siguientes cinco pasos para estimar las emisiones directas de N₂O producidas por la gestión del estiércol:

Paso 1: recabar datos de la población a partir de la caracterización de la población de ganado;

Paso 2: usar valores por defecto o desarrollar la tasa promedio anual de excreción de nitrógeno por cabeza ($N_{ex(T)}$) para cada especie/categoría de ganado definida T;

Paso 3: usar valores por defecto o determinar la fracción de la excreción total anual de nitrógeno para cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol S ($MS_{(T,S)}$);

Paso 4: usar valores por defecto o desarrollar factores de emisión de N₂O para cada sistema de gestión del estiércol S ($EF_{3(S)}$); y

Paso 5: para cada tipo de sistemas de gestión del estiércol S, multiplicar su factor de emisión ($EF_{3(S)}$) por la cantidad total de nitrógeno gestionado (de todas las especies/categorías de ganado) de ese sistema, para estimar las emisiones de N₂O de ese sistema de gestión del estiércol. Entonces, se suman todos los sistemas de gestión del estiércol.

En algunos casos, el nitrógeno del estiércol puede gestionarse mediante varios tipos de sistemas de gestión del estiércol. Por ejemplo, el estiércol que se elimina con agua a presión desde un establo lechero de estabulación libre a una laguna anaeróbica puede pasar previamente a través de una unidad de separación de sólidos en la que parte del nitrógeno del estiércol se quita y se gestiona como sólido. Por lo tanto, es importante analizar cuidadosamente la fracción de nitrógeno del estiércol que se gestiona en cada tipo de sistema.

El cálculo de las emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol se basa en la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 10.25
EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

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

Donde:

$N_2O_{D(mm)}$ = emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

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

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

$EF_{3(S)}$ = factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S en el país, kg N₂O-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 (N₂O-N)_(mm) a emisiones de N₂O_(mm)

Puede haber pérdidas de nitrógeno de otras formas (p. ej., amoníaco y NO_x) durante la gestión del estiércol *in situ*. El nitrógeno en forma volatilizada de amoníaco se puede depositar en lugares a los que llega el viento desde áreas de gestión de estiércol y contribuir a las emisiones indirectas de N₂O (véase más adelante). Se alienta a los países a que consideren la utilización de un método de equilibrio de masas (Nivel 3) para rastrear el nitrógeno

excretado del estiércol, gestionado *in situ* en los sistemas de gestión del estiércol y, en última instancia, aplicado a suelos gestionados. La estimación de la cantidad de nitrógeno del estiércol que se aplica directamente a los suelos gestionados, o disponible para su empleo alimentario, como combustible o con fines de construcción se describe en la Sección 10.5.4, Coordinación con la declaración para emisiones de N₂O de suelos gestionados. Véase el Capítulo 11, Sección 11.2 en cuanto a los procedimientos para calcular las emisiones de N₂O del nitrógeno del estiércol gestionado que se aplica en suelos.

Emisiones indirectas de N₂O resultantes de la gestión del estiércol

Nivel 1

El cálculo de Nivel 1 de la volatilización del N en forma de NH₃ y NO_x de sistemas de gestión del estiércol se basa en la multiplicación de la cantidad de nitrógeno excretada (de todas las categorías de ganado) y gestionada en cada sistema de gestión del estiércol por una fracción de nitrógeno volatilizado (véase la Ecuación 10.26). Entonces, se suman las pérdidas de N de todos los sistemas de gestión del estiércol. El método de Nivel 1 se aplica empleando los datos de excreción de nitrógeno por defecto, los datos de los sistemas de gestión del estiércol por defecto (Véase el Anexo 10A.2, Cuadros 10A-4 a 10A-8) y las fracciones de pérdidas de N por defecto de los sistemas de gestión del estiércol debidas a la volatilización (véase el Cuadro 10.2):

ECUACIÓN 10.26
PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LA VOLATILIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

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

Donde:

$N_{\text{volatilización-MMS}}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH₃ y NO_x, kg N año⁻¹

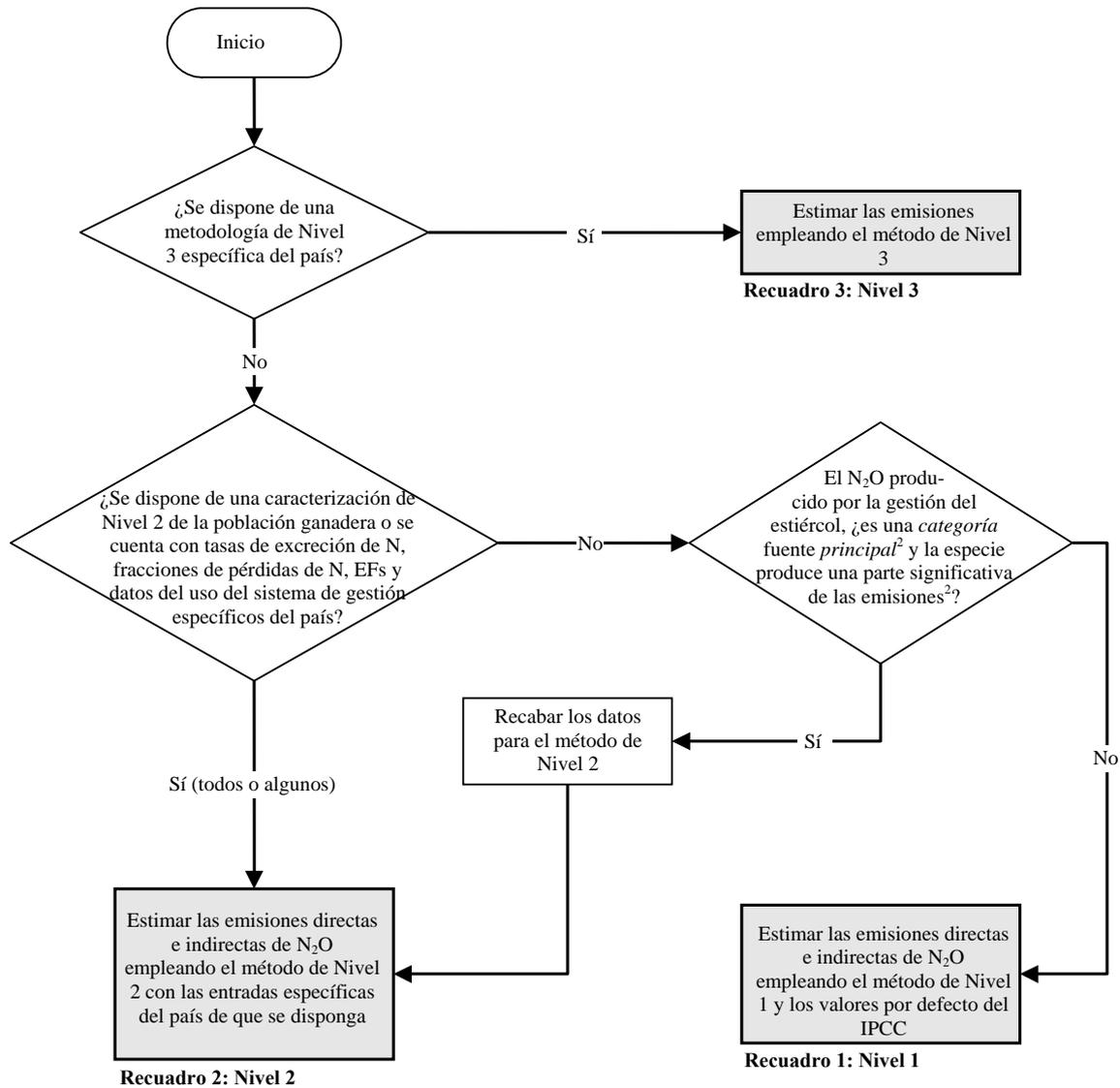
$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

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

$Frac_{GasMS}$ = porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH₃ y NO_x en el sistema de gestión del estiércol S , %

Figura 10.4 **Árbol de decisiones para emisiones de N₂O resultantes de la gestión del estiércol (Nota 1)**



Nota:

- 1: Las emisiones de N₂O de los sistemas de gestión del estiércol incluyen fuentes directas e indirectas.
- 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 especie de ganado será significativa si es la que produce un 25-30% o más de las emisiones de la categoría fuente.

Las emisiones indirectas de N₂O de la volatilización de N en forma de NH₃ Y NO_x (N₂O_{G(mm)}) se estiman mediante la Ecuación 10.27:

ECUACIÓN 10.27
EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O DEBIDAS A LA VOLATILIZACIÓN DE N DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

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

Donde:

N₂O_{G(mm)} = emisiones indirectas de N₂O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

EF₄ = factor de emisión para emisiones de N₂O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹; el valor por defecto es 0,01 kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

Nivel 2

Puede que los países quieran desarrollar una metodología de Nivel 2 para darle mayor consideración a las circunstancias nacionales y reducir la incertidumbre de las estimaciones lo máximo posible. En cuanto a la emisión directa de N₂O de la gestión del estiércol, un método de Nivel 2 seguiría la misma ecuación de cálculos que el de Nivel 1, pero incluiría el uso de datos específicos del país para algunas o todas estas variables. Por ejemplo, el uso de tasas de excreción de nitrógeno específicas del país para las categorías de ganado constituiría un método de Nivel 2. Se podrían utilizar los inventarios nacionales de emisión de NH₃ desarrollados por algunos países para la estimación de Nivel 2 de la volatilización de nitrógeno de los sistemas de gestión de desechos. Un método de nivel 2 exigiría una caracterización más detallada del flujo de nitrógeno a través del ámbito en que se encuentran los animales y de los sistemas de gestión del estiércol utilizados en el país. Se debe evitar el cómputo doble de emisiones asociadas con la aplicación de estiércol gestionado, así como el estiércol relacionado con las operaciones de pastura y pastoreo, que debe calcularse y declararse bajo el Capítulo 11, Sección 11.2 (emisión de N₂O de suelos gestionados).

Los datos de mediciones de pérdidas por lixiviación y escurrimiento de los distintos sistemas de gestión del estiércol son muy limitados. Habitualmente, las mayores pérdidas de N debidas a escurrimiento y lixiviación se producen donde los animales se encuentran en corrales de engorde. En los climas más secos, las pérdidas por escurrimiento son menores que en zonas con altas precipitaciones y se han estimado entre el 3 y el 6% del N excretado (Eghball y Power, 1994). En estudios de Bierman *et al.* (1999) se halló que el nitrógeno perdido por escurrimiento era del 5 al 19% del N excretado y que entre un 10 y un 16% se lixiviaba al suelo, mientras que otros datos muestran una pérdida relativamente baja de nitrógeno a través de la lixiviación en almacenamiento de sólidos (menos del 5% del N excretado) pero que también podría producirse una pérdida mayor (Rotz, 2004). Se requiere mayor investigación en este tema para mejorar la estimación de pérdidas y el conocimiento sobre las condiciones y prácticas bajo las cuales se producen tales pérdidas. La Ecuación 10.28 sólo debe utilizarse donde se cuente con información específica del país sobre la fracción de pérdida de nitrógeno debida a lixiviación y escurrimiento de sistemas de gestión del estiércol. Por lo tanto, la estimación de las pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol debe considerarse como parte de un método de Niveles 2 o 3.

El nitrógeno que lixivía al suelo y/o que se escurre durante el almacenamiento de sólidos del estiércol a la intemperie o en corrales de engorde se deriva de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.28
PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

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

Donde:

N_{lixiviación-MMS} = cantidad de nitrógeno del estiércol que lixivía de los sistemas de gestión del estiércol, kg N año⁻¹

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

$N_{ex(T)}$ = 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

$\text{Frac}_{\text{lixiviaciónMS}}$ = 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%).

Las emisiones indirectas de N_2O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno de sistemas de gestión del estiércol ($\text{N}_2\text{O}_{L(mm)}$) se estiman mediante la Ecuación 10.29:

ECUACIÓN 10.29
EMISIONES INDIRECTAS DE N_2O DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

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

Donde:

$\text{N}_2\text{O}_{L(mm)}$ = emisiones indirectas de N_2O debidas a lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol del país, $\text{kg N}_2\text{O año}^{-1}$

EF_5 = factor de emisión para emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, $\text{kg N}_2\text{O-N/kg N}$ lixiviado o escurrido (valor por defecto $0,0075 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N lixiviado/escurrido)}^{-1}$, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

Nivel 3

Para reducir la incertidumbre de las estimaciones, se podría desarrollar un método de Nivel 3 con factores de emisión específicos del país para volatilización y lixiviación y escurrimiento de nitrógeno basados en mediciones reales.

Todas las pérdidas de N a través de los sistemas de gestión del estiércol (tanto directas como indirectas) deben excluirse de la cantidad de N del estiércol que se encuentra disponible para su aplicación en suelos y del que se declara en el Capítulo 11, Sección 11.2, *Emisiones de N_2O de suelos gestionados*. Véase la Sección 10.5.4, Coordinación con la declaración para emisiones de N_2O de suelos gestionados, en cuanto a orientación respecto a cómo calcular las pérdidas totales de N de los sistemas de gestión el estiércol.

10.5.2 Elección de los factores de emisión

Tasas anuales promedio de excreción de nitrógeno, $N_{ex(T)}$

Nivel 1

Las tasas anuales de excreción de nitrógeno deben determinarse para cada categoría de ganado definida mediante la caracterización de la población de ganado. Las tasas específicas del país pueden obtenerse directamente de documentos o informes, como los de la bibliografía de la industria del agro y científica, o derivarse de información sobre ingesta y retención de nitrógeno de los animales (como se explica más adelante). En algunas situaciones, puede resultar apropiado emplear tasas de excreción desarrolladas por otros países que tienen ganado de características similares.

Si no se pueden recabar ni derivar datos específicos del país o no se dispone de datos apropiados de otros países, se pueden utilizar las tasas de excreción de nitrógeno por defecto del IPCC que se presentan en el Cuadro 10.19. Estas tasas se presentan en unidades de nitrógeno excretado por cada 1000 kg de animal por día. Estas tasas se pueden aplicar a subcategorías de ganado de diversas edades y etapas de crecimiento empleando un promedio típico de masa animal (TAM) para la subcategoría de la población de que se trate, como se indica en la Ecuación 10.30.

ECUACIÓN 10.30
TASAS DE EXCRECIÓN ANUAL DE N

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

Donde:

$N_{ex(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T , kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{índice(T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1000 kg masa animal)⁻¹ día⁻¹ (véase el Cuadro 10.19)

$TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T , kg animal⁻¹

Los valores de TAM por defecto se presentan en los Cuadros 10A-4 a 10A-9 del Anexo 10A.2. No obstante, es preferible recabar valores de TAM específicos del país dada la sensibilidad de las tasas de excreción de nitrógeno a las diferentes categorías de peso. Por ejemplo, los porcinos de mercado pueden variar desde cochinitos que pesan menos de 30 kilos hasta cerdos terminados que pesan más de 90. Elaborando grupos poblacionales de animales que reflejen las diversas etapas de crecimiento de los cerdos de mercado, los países van a poder estimar mejor el total de nitrógeno excretado por la población porcina.

Cuando se estima la $N_{ex(T)}$ para animales cuyo estiércol se clasifica en el sistema de gestión del estiércol como *quemado para combustible* (Cuadro 10.21, Factores de emisión por defecto para emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol), se debe tener presente que el estiércol se quema y que la orina permanece en el campo. Como regla general, el 50% del nitrógeno excretado está en el estiércol y el 50% en la orina. Si el estiércol quemado se utiliza como combustible, entonces las emisiones se declaran bajo la categoría *Quema de combustible* del IPCC (Volumen 2: Energía), mientras que, cuando el estiércol se quema sin recuperación de energía, las emisiones deben declararse bajo la categoría *Incineración de desechos* del IPCC (Volumen 5: Desechos).

Nivel 2

La cantidad anual de N excretada por cada especie/categoría de ganado depende del total de la ingesta anual de N y del total de la retención anual de N del animal. Por lo tanto, las tasas de excreción de N se pueden derivar de los datos de ingesta y de retención de N. La ingesta anual de N (es decir, la cantidad de N que consume el animal por año) depende de la cantidad anual de alimento digerido por el animal y del contenido de proteínas de ese alimento. La ingesta total de alimento depende del nivel de producción del animal (p. ej., tasa de crecimiento, producción de leche, potencia de tiro). La retención anual de N (es decir, la fracción de la ingesta de N que el animal retiene para la producción de carne, leche o lana) es una magnitud de la eficiencia del animal para producir proteína animal a partir de la proteína del alimento. Los datos sobre ingesta y retención de nitrógeno para especies/categorías específicas de ganado pueden estar a disposición en estadísticas nacionales o de parte de bromatólogos. También se puede calcular la ingesta de nitrógeno a partir de los datos sobre ingesta de alimentos y de proteína cruda desarrollados en la Sección 10.2. Los valores de retención de N se suministran en el Cuadro 10.20, Valores por defecto para la fracción de nitrógeno en alimentos, tomada por los animales y que retienen las diferentes especies/categorías de animales. Las tasas de excreción anual de N para cada especie/categoría de ganado ($N_{ex(T)}$) se deriva de la siguiente manera:

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

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

Donde:

$N_{ex(T)}$ = tasa de excreción anual de N, kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{ingesta(T)}$ = ingesta anual N por cabeza de la especie/categoría animal T , kg N animal⁻¹ año⁻¹

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

Ejemplo de un método de Nivel 2 para estimar la excreción de nitrógeno en vacunos

La excreción de nitrógeno puede calcularse sobre la base de las mismas hipótesis dietarias empleadas en la modelización de las emisiones por fermentación entérica (véase la Sección 10.2). La cantidad de nitrógeno excretada por el ganado puede estimarse como la diferencia entre el total de nitrógeno ingerido por el animal y el total de nitrógeno retenido para su crecimiento y la producción de leche. Se pueden utilizar las Ecuaciones 10.32 y 10.33 para calcular las variables para ingesta y retención de nitrógeno a usar en la Ecuación 10.31. La tasa total de ingesta de nitrógeno se deriva de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.32
TASAS DE INGESTA DE N PARA VACUNOS

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

Donde:

$N_{ingesta(T)}$ = N consumido diariamente por animal de la categoría T , kg N animal⁻¹ día⁻¹

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⁻¹ día⁻¹.

18.45 = fracción de conversión para GE dietaria por kg de materia seca, MJ kg⁻¹. 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, entrada

6.25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína en el alimento (kg N)⁻¹

CUADRO 10.19
VALORES POR DEFECTO PARA LA TASA DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO ^a (KG N (1000 KG MASA ANIMAL)⁻¹ DÍA⁻¹)

Categoría de animal	Región							
	América del Norte	Europa Occidental	Europa Oriental	Oceanía	América Latina	África	Oriente Medio	Asia
Ganado vacuno	0,44	0,48	0,35	0,44	0,48	0,60	0,70	0,47
Otros vacunos	0,31	0,33	0,35	0,50	0,36	0,63	0,79	0,34
Porcinos ^b	0,50	0,68	0,74	0,73	1,64	1,64	1,64	0,50
Mercado	0,42	0,51	0,55	0,53	1,57	1,57	1,57	0,42
Cría	0,24	0,42	0,46	0,46	0,55	0,55	0,55	0,24
Aves de corral	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Gallinas >= 1 año	0,83	0,96	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Pollas	0,62	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Otros pollos	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Parrilleros	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Pavos	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Patos	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Ovinos	0,42	0,85	0,90	1,13	1,17	1,17	1,17	1,17
Caprinos	0,45	1,28	1,28	1,42	1,37	1,37	1,37	1,37
Caballos (y mulas, asnos)	0,30	0,26	0,30	0,30	0,46	0,46	0,46	0,46
Camélidos ^c	0,38	0,38	0,38	0,38	0,46	0,46	0,46	0,46
Búfalos ^c	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Visón y turón (kg N cabeza ⁻¹ año ⁻¹) ^d	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
(kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
Zorro y mapache (kg N cabeza ⁻¹ año ⁻¹) ^d	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09

La incertidumbre de estas estimaciones es de $\pm 50\%$.

^a Resumido de las *Directrices del IPCC de 1996, 1997*; European Environmental Agency, 2002; USA EPA National NH₃ Inventory Draft Report, 2004; y datos de inventarios de GEI del Anexo I que las Partes presentaron ante la Secretaría de la CMNUCC en 2004.

^b La excreción de nitrógeno de los porcinos está basada en una población del país estimada en 90% de porcinos de mercado y 10% de cría.

^c Modificado de la Agencia Europea de Medio Ambiente, 2002.

^d Datos de Hutchings *et al.*, 2001.

CUADRO 10.20
VALORES POR DEFECTO PARA LA FRACCIÓN DE NITRÓGENO EN LA INGESTA DEL GANADO QUE RETIENEN LAS DIFERENTES ESPECIES/CATEGORÍAS DE GANADO (FRACCIÓN DE INGESTA DE N RETENIDA POR EL ANIMAL)

Categoría de ganado	$N_{\text{retención}(T)}$ (kg N retenido/animal/año) (kg ingesta N/animal/año) ⁻¹
Vacas lecheras	0,20
Otros vacunos	0,07
Búfalo	0,07
Ovinos	0,10
Caprino	0,10
Camélidos	0,07
Porcinos	0,30
Equinos	0,07
Aves de corral	0,30

La incertidumbre de estas estimaciones es de ±50%.
Fuente: Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC (véase Co-chairs, Editors and Experts; N₂O emissions from Manure Management).

El total de nitrógeno retenido se deriva de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.33
TASAS DE N RETENIDO PARA VACUNOS

$$N_{\text{retención}(T)} = \left[\frac{\text{Leche} \cdot \left(\frac{\text{Leche PR \%}}{100} \right)}{6,38} \right] + \left[\frac{\text{WG} \cdot \left[268 - \left(\frac{7,03 \cdot \text{NE}_g}{\text{WG}} \right) \right]}{\frac{1\,000}{6,25}} \right]$$

Donde:

$N_{\text{retención}(T)}$ = N retenido diariamente por animal de la categoría T, kg N animal⁻¹ día⁻¹

Leche = producción de leche, kg animal⁻¹ día⁻¹ (sólo aplicable a vacas lecheras)

Leche PR% = porcentaje de proteína en la leche, calculado como [1,9 + 0,4 • %Grasa], donde %Grasa es una entrada, que se supone como 4% (sólo aplicable a vacas lecheras)

6,38 = conversión de proteína de la leche a N de la leche, kg proteína (kg N)⁻¹

WG = aumento de peso, entrada para cada categoría de ganado, kg día⁻¹

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

NE_g = 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 constantes del IPCC, MJ día⁻¹

1 000 = conversión de gramos por kilo, g kg⁻¹

6,25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína (kg N)⁻¹

Los datos de la excreción anual de nitrógeno se emplean también para el cálculo de las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos gestionados (véase el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de N₂O de suelos gestionados). Las mismas tasas de excreción de N y los mismos métodos de derivación empleados para estimar las emisiones de N₂O de la gestión del estiércol deben utilizarse para estimar las emisiones de N₂O de suelos gestionados.

Factores de emisión para emisiones directas de N₂O resultantes de la gestión del estiércol

La mejor estimación se obtiene utilizando factores de emisión específicos del país que se hayan documentado íntegramente en publicaciones revisadas por pares. Es una *buena práctica* emplear factores de emisión específicos del país que reflejen la duración real del almacenamiento y el tipo de tratamiento del estiércol animal en cada uno de los sistemas de gestión en uso. Una *buena práctica* en la derivación de factores de emisión específicos del país implica la medición de las emisiones (por unidad de N del estiércol) de diferentes sistemas de gestión, teniendo en cuenta la variabilidad en la duración del almacenamiento y los tipos de tratamiento. Cuando se definen los tipos de tratamiento,

se deben tener en cuenta condiciones tales como la aireación y la temperatura. Si los organismos a cargo del inventario emplean factores de emisión específicos del país, se los alienta a que suministren la justificación de tales valores mediante documentación revisada por pares.

Si no se dispone de factores de emisión específicos del país, se alienta a los organismos a cargo del inventario a que utilicen los factores de emisión por defecto que se presentan en el Cuadro 10.21, Factores de emisión por defecto para emisiones directas de N_2O de la gestión del estiércol. Este cuadro contiene los factores de emisión por defecto por sistema de gestión del estiércol. Nótese que las emisiones de sistemas líquidos/de fango sin una cobertura de costra natural, de lagunas anaeróbicas y de digestores anaeróbicos se consideran insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que ingresan en el sistema combinadas con el bajo potencial de nitrificación y desnitrificación que se puede producir en el sistema.

Factores de emisión para emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol

A fin de estimar las emisiones indirectas de N_2O de la gestión del estiércol, se requieren dos fracciones de pérdidas de nitrógeno (debidas a la volatilización y a lixiviación/escurremient) y dos factores de emisión indirecta de N_2O relacionados con tales pérdidas (EF_4 y EF_5). Los valores por defecto para las pérdidas de N por volatilización se presentan en el Cuadro 10.22. Los valores representan las tasas promedio de pérdida de N en forma de NH_3 y de NO_x , con la mayoría de las pérdidas en forma de NH_3 . Los rangos reflejan los valores que aparecen en la bibliografía. Los valores representan las condiciones sin que se aplique al nitrógeno ninguna medida de control significativa. Se alienta a los países a desarrollar valores específicos del país, en particular en lo relacionado con las pérdidas de amoníaco donde las emisiones de componentes pueden estar bien caracterizadas como parte de evaluaciones más generales de la calidad del aire y donde las emisiones pueden verse afectadas por estrategias de reducción de nitrógeno. Por ejemplo, una descripción detallada de metodologías para estimar el NH_3 y otras pérdidas de nitrógeno empleando procedimientos de equilibrio de masas/flujo de masas puede encontrarse en la EMEP/CORINAIR Atmospheric Inventory Guidebook, Chapter 1009 (European Environmental Agency, 2002).

La fracción de nitrógeno del estiércol que lixivia de los sistemas de gestión del estiércol ($Frac_{leachMS}$) es muy incierta y debe desarrollarse un valor específico del país aplicado al método de Nivel 2.

En el Capítulo 11, Cuadro 11.3 (Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N_2O del suelo) se proporcionan valores por defecto para EF_4 (volatilización y redeposición de N) y EF_5 (lixiviación/escurremient de N).

10.5.3 Elección de los datos de la actividad

Hay dos tipos principales de datos de la actividad para estimar las emisiones de N_2O de la gestión del estiércol: (1) los datos de la población de ganado; y (2) los datos del uso del sistema de gestión del estiércol.

Datos de la población de ganado, $N_{(T)}$

Los datos de la población animal deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Si se emplean tasas de excreción de nitrógeno por defecto para estimar las emisiones de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol, será suficiente contar con una caracterización de la población de ganado de Nivel 1. Para estimar las emisiones de N_2O de la gestión del estiércol utilizando tasas de excreción de nitrógeno calculadas, se debe realizar una caracterización de Nivel 2. Como se señalara en la Sección 10.2, una *buena práctica* para la caracterización de poblaciones ganaderas es llevar a cabo una única caracterización que suministre los datos de la actividad para todas las fuentes de emisión que dependen de los datos de la población ganadera.

Datos sobre el uso del sistema de gestión del estiércol, $MS_{(T,S)}$

Los datos sobre el uso del sistema de gestión del estiércol para estimar las emisiones de N_2O de la gestión del estiércol deben ser los mismos que los empleados para estimar las emisiones de CH_4 de la gestión del estiércol (véase, en el Cuadro 10.18, un resumen de los principales tipos de sistemas de gestión del estiércol). Se debe recabar cuál es la porción de estiércol que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol para cada una de las categorías de ganado representativas. Nótese que, en algunos casos, el estiércol se puede gestionar mediante varios tipos de sistemas de gestión del estiércol. Por ejemplo, el estiércol que se elimina con agua a presión desde un establo lechero de estabulación libre a una laguna anaeróbica puede pasar previamente a través de una unidad de separación de sólidos en la que parte de los sólidos del estiércol se quitan y se gestionan como sólido. Por lo tanto, es importante analizar cuidadosamente la fracción de estiércol que se gestiona en cada tipo de sistema.

El mejor medio para obtener datos sobre la distribución de sistemas de gestión del estiércol es la consulta de estadísticas nacionales de publicación regular. Si no se dispone de tales estadísticas, la alternativa preferida es realizar un sondeo independiente del uso de sistemas de gestión del estiércol. Si no se dispone de recursos para realizar un sondeo, se debe consultar a los expertos para obtener una opinión respecto a la distribución de sistemas. Si no se dispone de datos sobre el uso del sistema de gestión del estiércol específicos del país, se deben usar valores por defecto. Los valores por defecto del IPCC para vacas lecheras, otros vacunos, búfalos, porcinos (de mercado y de cría) y aves de corral deben tomarse de los Cuadros 10A-4 a 10A-8 del Anexo 10A.2. Habitualmente, el estiércol de las demás categorías de animales se gestiona en operaciones de pasturas y pastoreo.

CUADRO 10.21 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DIRECTAS DE N ₂ O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL					
Sistema	Definición	EF ₃ [kg N ₂ O-N (kg nitrógeno excretado) ⁻¹]	Rangos de incertidumbre de EF ₃	Fuente ^a	
Pastura/Prado/P radera	Se deja que el estiércol de los animales en pasturas o prados permanezca como tal, sin gestionarse.	Las emisiones directas e indirectas de N ₂ O relacionadas con el estiércol depositado en suelos agrícolas y en sistemas de pasturas, prados y praderas se tratan en el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.			
Distribución diaria	Como rutina, el estiércol se saca de instalaciones de confinamiento y se aplica a tierras de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas de su excreción. Se supone que las emisiones de N ₂ O durante el almacenamiento y el tratamiento equivalen a cero. Las emisiones de N ₂ O de aplicación en tierra están cubiertas bajo la categoría suelos agrícolas.	0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC (véase Co-chairs, Editors and Experts; N ₂ O emissions from Manure Management).	
Almacenaje de sólidos ^b	El almacenamiento de estiércol, habitualmente por períodos de varios meses, en pilas o parvas no confinadas. El estiércol puede apilarse debido a la presencia de una suficiente cantidad de material de cama o a la pérdida de humedad por evaporación.	0,005	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Amon <i>et al.</i> (2001), que señala emisiones que oscilan entre 0,0027 y 0,01 kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹ .	
Corral de engorde	Una zona de confinación pavimentada o no sin cobertura vegetativa alguna de la que el estiércol acumulado puede retirarse periódicamente. Los corrales de engorde se encuentran habitualmente en los climas secos, pero también se emplean en climas húmedos.	0,02	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Kulling (2003)..	
Líquido/Fango	El estiércol se almacena tal como se excreta o con un agregado mínimo de agua para facilitar su manejo y se ubica en tanques o en estanques de tierra.	Con cobertura de costra natural	0,005	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Sommer <i>et al.</i> (2000).
		Sin cobertura de costra natural	0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), y Wagner-Riddle y Marinier (2003). Se considera que las emisiones son insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que entren a los sistemas en combinación con un bajo potencial para la nitrificación y desnitrificación en el sistema.
Laguna anaeróbica no cubierta	Las lagunas anaeróbicas se diseñan y se operan para combinar estabilización de desechos con almacenamiento. Habitualmente, se utiliza el sobrenadante de la laguna para retirar el estiércol de las instalaciones de confinamiento relacionadas con ésta. Las lagunas anaeróbicas se diseñan para diversos períodos de almacenamiento (de hasta un año o más), según la región climática, la tasa de carga de sólidos volátiles y de otros factores operativos. El agua de la laguna puede reciclarse como agua para limpieza o usarse para irrigar y fertilizar campos.	0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), y Wagner-Riddle y Marinier (2003). Se considera que las emisiones son insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que entren a los sistemas en combinación con un bajo potencial para la nitrificación y desnitrificación en el sistema.	
Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	Recogida y almacenamiento del estiércol, habitualmente con poco o ningún agregado de agua y comúnmente por debajo de un suelo emparrillado, en una instalación de confinamiento de animales.	0,002	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Amon <i>et al.</i> (2001), Kulling (2003) y Sneath <i>et al.</i> (1997).	

CUADRO 10.21 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DIRECTAS DE N ₂ O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL					
Sistema	Definición	EF ₃ [kg N ₂ O-N (kg nitrógeno excretado) ⁻¹]	Rangos de incertidumbre de EF ₃	Fuente ^a	
Digestor anaeróbico	En general, los digestores anaeróbicos se diseñan y operan para la estabilización de los desechos mediante la reducción microbiana de compuestos orgánicos complejos de CH ₄ y CO ₂ , que se capturan y queman o se usan como combustible.	0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), y Wagner-Riddle y Marinier (2003). Se considera que las emisiones son insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que entren a los sistemas en combinación con un bajo potencial para la nitrificación y desnitrificación en el sistema.	
Quemado para combustible o como desecho	El estiércol se excreta en el campo. Las tortas de estiércol secas se queman como combustible.	Las emisiones relacionadas con la quema del estiércol se deben declarar bajo la categoría «Quema de combustible» del IPCC si el estiércol se emplea como combustible y bajo la categoría «Incineración de desechos» del IPCC si el estiércol se quema sin recuperación de energía.			
	N de la orina depositada en pasturas y praderas	Las emisiones directas e indirectas de N ₂ O relacionadas con la orina depositada en suelos agrícolas y en sistemas de pasturas, prados y praderas se tratan en el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.			
Camas profundas para vacunos y porcinos	A medida que el estiércol se acumula, se agrega constantemente material de cama para absorber la humedad durante un ciclo de producción y, posiblemente, durante hasta 6 a 12 meses. A este sistema de gestión del estiércol se lo conoce también como sistema de gestión del estiércol de estabulado con cama y se puede combinar con engorde en corral o pastura.	Sin mezclado	0,01	Factor de 2	Valor promedio basado en Sommer y Moller (2000), Sommer (2000), Amon <i>et al.</i> (1998), y Nicks <i>et al.</i> (2003).
		Mezclado activo	0,07	Factor de 2	Valor promedio basado en Nicks <i>et al.</i> (2003) y Moller <i>et al.</i> (2000). Hay bibliografía en la que se citan valores más altos de hasta un 20% para sistemas bien mantenidos con mezclado activo, pero éstos incluyen tratamiento para amoníaco, lo que no es habitual.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – en tambor ^c	Fabricación de <i>compost</i> , habitualmente en un canal cerrado, con aireación forzada y mezclado permanente.	0,006	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Se supone que es similar al de las pilas estáticas.	
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – Pila estática ^c	Fabricación de <i>compost</i> en pilas con aireación forzada pero sin mezclado.	0,006	Factor de 2	Hao <i>et al.</i> (2001).	
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – intensivo en filas ^c	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas esporádicas para mezclado y aireación.	0,1	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Se espera que sea mayor que en las operaciones de filas pasivas y de compostaje intensivo, ya que las emisiones están en función de la frecuencia de las medias vueltas.	
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – pasivo en filas ^c	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas frecuentes para mezclado y aireación.	0,01	Factor de 2	Hao <i>et al.</i> (2001).	
Estiércol de aves de corral con hojarasca	Similar a los sistemas de camas profundas. Comúnmente se emplea para lotes de aves de cría y para la producción de pollos para carne (parrilleros) y otras aves.	0,001	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC basado en la alta pérdida de amoníaco de estos sistemas, lo que limita la disponibilidad de nitrógeno para su nitrificación/desnitrificación.	
Estiércol de aves de corral sin hojarasca	Puede ser similar a pozos abiertos en instalaciones cerradas de confinación de animales o puede diseñarse y operarse para secar el estiércol a medida que se acumula. Esto último se conoce como sistema elevado de gestión del estiércol y constituye una forma de fabricación pasiva de <i>compost</i> en filas cuando se lo diseña y opera correctamente.	0,001	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC basado en la alta pérdida de amoníaco de estos sistemas, lo que limita la disponibilidad de nitrógeno para su nitrificación/desnitrificación.	

CUADRO 10.21
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Sistema	Definición		EF ₃ [kg N ₂ O-N (kg nitrógeno excretado) ⁻¹]	Rangos de incertidumbre de EF ₃	Fuente ^a
Tratamiento aeróbico	La oxidación biológica del estiércol recolectado como líquido con aireación forzada o natural. La aireación natural se limita a estanques aeróbicos y de retención y a sistemas de humedales, debiéndose fundamentalmente a la fotosíntesis. Por ende, habitualmente, estos sistemas se tornan anóxicos durante período sin luz solar.	Sistemas de aireación natural	0,01	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. La nitrificación-desnitrificación se emplea comúnmente para la remoción de nitrógeno en el tratamiento biológico de aguas servidas domésticas e industriales con emisiones insignificantes de N ₂ O. La limitada oxidación puede incrementar las emisiones en comparación con las de los sistemas de aireación.
		Sistemas de aireación forzada	0,005	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. La nitrificación-desnitrificación se emplea comúnmente para la remoción de nitrógeno en el tratamiento biológico de aguas servidas domésticas e industriales con emisiones insignificantes de N ₂ O.

^aVéase también Dustan (2002), quien compiló información de algunas de las referencias originales citadas.

^bSe deberán emplear datos cuantitativos para distinguir si el sistema se caracteriza como de almacenamiento de sólidos o de líquidos/fango. El límite entre seco y líquido se puede fijar en un 20% del contenido de materia seca. ^b El compostaje es la oxidación biológica de un residuo sólido, incluyendo estiércol, habitualmente con cama u otra fuente de carbono orgánico, en general, a temperaturas termófilas producidas por la producción microbiana de calor.

10.5.4 Coordinación con la declaración para emisiones de N₂O de suelos gestionados

Después del almacenamiento o del tratamiento, en cualquier sistema de gestión del estiércol, casi todo el estiércol se aplica a la tierra. Las subsiguientes emisiones que se producen por la aplicación del estiércol al suelo deben declararse bajo la categoría *Emisiones de N₂O de suelos gestionados*. Los métodos para estimar estas emisiones se analizan en el Capítulo 11, Sección 11.2. Para estimar las emisiones de N₂O de los suelos gestionados, se considera la cantidad de nitrógeno del estiércol animal que se aplica directamente al suelo, o que se pone a disposición para su empleo como alimento o combustible, o para la construcción.

Una parte significativa del total de nitrógeno excretado por los animales en los sistemas gestionados (es decir, de todo el ganado a excepción de aquél en condiciones de pastura y pastoreo) se pierde antes de la aplicación final en suelos gestionados o de su uso como alimento o combustible, o para la construcción. A fin de estimar la cantidad de nitrógeno del estiércol animal que se aplica directamente a los suelos o que se pone a disposición para su uso como alimento o combustible, o para fines de construcción (es decir, el valor que se utiliza en el Capítulo 11, Ecuación 11.1 u 11.2), es necesario reducir la cantidad total de nitrógeno excretado por los animales en sistemas gestionados restándole las pérdidas de N producidas por volatilización (es decir, NH₃, N₂ y NO_x), conversión a N₂O y pérdidas por lixiviación y escurrimiento.

Donde se emplean formas orgánicas de material de cama (paja, aserrín, viruta, etc.), se deberá considerar también el nitrógeno adicional del material de la cama como parte del N del estiércol aplicado a los suelos. Comúnmente, la cama se recoge junto con el estiércol remanente y se aplica a los suelos. No obstante, es de hacer notar que, dado que la mineralización de los compuestos del nitrógeno de las camas se produce más lentamente que la del estiércol y que la concentración de la fracción de amoníaco en las camas orgánicas es insignificante, se supone que tanto las pérdidas por volatilización como las de lixiviación durante el almacenamiento de camas equivale a cero (European Environmental Agency, 2002).

CUADRO 10.22 VALORES POR DEFECTO PARA PÉRDIDA DE NITRÓGENO DEBIDA A VOLATILIZACIÓN DE NH₃ Y NO_x DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL		
Tipo de animales	Sistema de gestión del estiércol (MMS)^a	Pérdida de N del MMS debido a la volatilización de N-NH₃ y N-NO_x (%)^b Frac_{GasMS} (Rango de Frac_{GasMS})
Porcinos	Laguna anaeróbica	40% (25 – 75)
	Almacenamiento en pozos	25% (15 – 30)
	Cama profunda	40% (10 – 60)
	Líquido/fango	48% (15 – 60)
	Almacenaje de sólidos	45% (10 – 65)
Vacas lecheras	Laguna anaeróbica	35% (20 – 80)
	Líquido/Fango	40% (15 – 45)
	Almacenamiento en pozos	28% (10 – 40)
	Corral de engorde	20% (10 – 35)
	Almacenaje de sólidos	30% (10 – 40)
	Distribución diaria	7% (5 – 60)
Aves de corral	Aves de corral sin hojarasca	55% (40 – 70)
	Laguna anaeróbica	40% (25 – 75)
	Aves de corral con hojarasca	40% (10 – 60)
Otros vacunos	Corral de engorde	30% (20 – 50)
	Almacenaje de sólidos	45% (10 – 65)
	Cama profunda	30% (20 – 40)
Otros ^c	Cama profunda	25% (10 – 30)
	Almacenaje de sólidos	12% (5 – 20)

^a Aquí, el sistema de gestión del estiércol incluye las pérdidas asociadas de N en el ámbito de los animales y en el sistema de almacenamiento final.

^b Tasas de volatilización basadas en el Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y en las siguientes fuentes: Rotz (2003), Hutchings *et al.* (2001), y U.S EPA (2004).

^c Otros incluye ovinos, equinos y pelíferos.

La estimación del nitrógeno del estiércol gestionado disponible para aplicación en suelos gestionados, o para su empleo como alimento o combustible, o con fines de construcción, se basa en la siguiente ecuación:

<p>ECUACIÓN 10.34</p> <p>N DE ESTIÉRCOL GESTIONADO DISPONIBLE PARA APLICACIÓN EN SUELOS GESTIONADOS, COMO ALIMENTO, COMBUSTIBLE O EN LA CONSTRUCCIÓN</p> $N_{MMS_Avb} = \sum_s \left\{ \sum_{(T)} \left[\left[(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \cdot \left(1 - \frac{Frac_{PérdidaMS}}{100} \right) \right] + \left[N_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot N_{camaMS} \right] \right] \right\}$
--

Donde:

N_{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⁻¹

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

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por animal de la especie/categoría *T* en el país, kg N animal⁻¹ 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

$Frac_{GasMS}$ = 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_{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), $kg\ N\ animal^{-1}\ año^{-1}$

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado

Los materiales usados como cama varían significativamente y los compiladores del inventario deben desarrollar valores para N_{camaMS} sobre la base de las características del material utilizado como cama en sus establecimientos ganaderos. La limitada información disponible en la bibliografía científica indica que, habitualmente, la cantidad de nitrógeno contenida en el material orgánico de las camas para vacas lecheras y vaquillonas es de alrededor de $7\ kg\ N\ animal^{-1}\ año^{-1}$, para otros vacunos de $4\ kg\ N\ animal^{-1}\ año^{-1}$, y para porcinos de mercado y de cría de alrededor de $0,8$ and $5,5\ kg\ N\ animal^{-1}\ año^{-1}$, respectivamente. En cuanto a sistemas de camas profundas, la cantidad de N en la hojarasca es de aproximadamente el doble de las cantidades indicadas (Webb, 2001; Döhler *et al.*, 2002).

En el Cuadro 10.23 se presentan los valores por defecto de las pérdidas totales de nitrógeno de los sistemas de gestión del estiércol. Estos valores por defecto incluyen las pérdidas que se producen desde el punto de excreción, incluyendo las de los ambientes en que se encuentran los animales, las del almacenamiento de estiércol y las producidas por lixiviación y escurrimiento en el sistema de almacenamiento de estiércol, donde corresponda. Por ejemplo, los valores provistos para sistemas de lagunas anaeróbicas para ganado lechero incluyen las pérdidas de nitrógeno que se producen en los establos y tambos antes de la recogida del estiércol, así como las que se producen desde la laguna.

Hay un alto nivel de variabilidad en el rango de las pérdidas totales de nitrógeno de los sistemas de estiércol gestionado. Como se indica en el Cuadro 10.23, la mayoría de las pérdidas se deben a la volatilización, fundamentalmente pérdidas de amoníaco que se producen justo después de la excreción del estiércol. Sin embargo, también se producen pérdidas en forma de NO_3 , N_2O y N_2 , así como por la lixiviación y el escurrimiento que tienen lugar cuando el estiércol se almacena en pilas. Los valores del Cuadro 10.23 reflejan los valores promedio para combinaciones típicas de ambientes/almacenamiento y para cada una de las categorías de animales. Se alienta a los países a desarrollar valores específicos del país, en particular en lo relacionado con las pérdidas de amoníaco donde las emisiones de componentes pueden estar bien caracterizadas en cuanto a las prácticas locales como parte de evaluaciones más generales de la calidad del aire y donde las emisiones pueden verse afectadas por estrategias de reducción de nitrógeno.

Puede que los países quieran desarrollar un método alternativo para darle mayor consideración a las circunstancias nacionales y reducir la incertidumbre de las estimaciones lo máximo posible. Este método implicaría una caracterización más detallada del flujo de nitrógeno a través de los componentes de los ambientes en que se encuentran los animales y de los sistemas de gestión de desechos que se aplican en el país, considerándose la actividad de mitigación (p. ej., el uso de cubiertas sobre cisternas) y las prácticas locales, como el tipo de material utilizado en las camas.

10.5.5 Evaluación de incertidumbre

FACTORES DE EMISIÓN – TASAS DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO

Los rangos de incertidumbre de las tasas de excreción de N por defecto se estiman en $\pm 50\%$ (Fuente: Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC). Los rangos de incertidumbre de los valores de retención de N por defecto que se suministran aquí son también $\pm 50\%$ (véase el Cuadro 10.20). Si los organismos a cargo del inventario derivan las tasas de excreción de N empleando estadísticas exactas del país sobre ingesta y retención de N , las incertidumbres relacionadas con las tasas de excreción de N se pueden reducir sustancialmente. El grado de incertidumbre puede reducirse aun más empleando mediciones directas de emisiones de las pérdidas de nitrógeno de cada uno de los sistemas de gestión del estiércol.

FACTORES DE EMISIÓN – EMISIONES DIRECTAS DE N_2O

Hay importantes incertidumbres relacionadas con los factores de emisión por defecto para esta categoría de fuente (-50% a $+100\%$). Las mediciones de emisiones exactas y bien diseñadas de tipos de estiércol y de sistemas de gestión de estiércol bien caracterizados pueden servir de ayuda para reducir estas incertidumbres. En estas mediciones deben tenerse en cuenta la temperatura, las condiciones de humedad, la aireación, el contenido de N del estiércol, el carbono metabolizable, la duración del almacenamiento y otros aspectos del tratamiento.

CUADRO 10.23		
VALORES POR DEFECTO DEL TOTAL DE PÉRDIDA DE NITRÓGENO PRODUCIDA POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL		
Categoría animal	Sistema de gestión del estiércol ^a	Total de pérdida de N del MMS ^b Frac_{PérdidaMS} (Rango de Frac_{PérdidaMS})
Porcinos	Laguna anaeróbica	78% (55 – 99)
	Almacenamiento en pozos	25% (15 – 30)
	Cama profunda	50% (10 – 60)
	Líquido/Fango	48% (15 – 60)
	Almacenaje de sólidos	50% (20 – 70)
Vacas lecheras	Laguna anaeróbica	77% (55 – 99)
	Líquido/Fango	40% (15 – 45)
	Almacenamiento en pozos	28% (10 – 40)
	Corral de engorde	30% (10 – 35)
	Almacenaje de sólidos	40% (10 – 65)
	Distribución diaria	22% (15 – 60)
Aves de corral	Aves de corral sin hojarasca	55% (40 – 70)
	Laguna anaeróbica	77% (50 – 99)
	Aves de corral con hojarasca	50% (20 – 80)
Otros vacunos	Corral de engorde	40% (20 – 50)
	Almacenaje de sólidos	50% (20 – 70)
	Cama profunda	40% (10 – 50)
Otros ^c	Cama profunda	35% (15 – 40)
	Almacenaje de sólidos	15% (5 – 20)

^a Aquí, el sistema de gestión del estiércol incluye las pérdidas asociadas de N en el ambiente de los animales y en el sistema de almacenamiento final.

^b Tasas de pérdida total de N basadas en el Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y en las siguientes fuentes: Rotz (2003), Hutchings *et al.* (2001), y U.S EPA (2004). Las tasas incluyen las pérdidas en forma de NH₃, NO_x, N₂O y N₂, así como las producidas por lixiviación y escurrimiento del almacenamiento sólido y de los corrales de engorde. Los valores representan tasas promedio para ambientes típicos y componentes de almacenamiento sin aplicación de medidas significativas de control del N. Los rangos reflejan los valores que aparecen en la bibliografía. Donde se aplican medidas para controlar las pérdidas de nitrógeno, deben desarrollarse tasas alternativas que reflejen tales medidas.

^c Otros incluye ovinos, equinos y pelíferos.

FACTORES DE EMISIÓN - EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O

Los rangos de incertidumbre de las pérdidas de N por defecto debidas a la volatilización de NH₃ y NO_x y las pérdidas totales de N de los sistemas de gestión del estiércol se presentan en los Cuadros 10.22 y 10.23, respectivamente. La incertidumbre relacionada con el factor de emisión por defecto para volatilización del nitrógeno y re-deposición (EF₄) se presenta en el Cuadro 11.3 del Capítulo 11. El rango de incertidumbre para el factor de emisión por defecto por lixiviación y escurrimiento (EF₅) también está incluido en el Cuadro 11.3. Se debe tener cuidado al desarrollar factores de emisión específicos del país en cuanto a volatilización y re-deposición de nitrógeno, puesto que las mediciones directas podrían incluir el transporte atmosférico transfronterizo.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – POBLACIONES GANADERAS

Véase la Sección 10.2 Población ganadera y caracterización alimentaria de los alimentos en cuanto al análisis de la incertidumbre en los datos de la población y la caracterización alimentaria de los animales.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – USO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

La incertidumbre de los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol depende de las características de la industria ganadera de cada país y de cómo se recabe la información respecto a la gestión del estiércol. Por ejemplo, para países en los que se confía casi exclusivamente en un único tipo de sistema de gestión, como corrales de engorde, la incertidumbre relacionada con los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser del 10% o menos. Sin embargo, en países con una gran variedad de sistemas de gestión utilizados con diferentes prácticas operativas locales, el rango de incertidumbre en los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser mucho más alto, entre el 25 y el

50%, según la disponibilidad de datos fiables y representativos en los que se diferencie las poblaciones animales según el sistema en uso. Preferiblemente, cada país debe estimar la incertidumbre asociada con sus datos sobre el uso de sistemas de gestión empleando los métodos descritos en el Volumen 1, Capítulo 3.

10.5.6 Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes

En un inventario completo, deben estimarse las emisiones de N_2O de todos los sistemas de gestión del estiércol en todas las especies/categorías de ganado. Se alienta a los países a que empleen definiciones de sistemas de gestión del estiércol que sean coherentes con las presentadas en el Cuadro 10.18. Se debe realizar una verificación cruzada de los datos de la población entre los principales mecanismos de declaración (como las bases de datos de la FAO y de las estadísticas nacionales agrícolas) a fin de garantizar que la información utilizada en el inventario sea completa y coherente. Dada la difundida disponibilidad de la base de datos de la FAO con información ganadera, la mayoría de los países deben poder preparar, como mínimo, estimaciones de Nivel 1 respecto a las principales categorías de ganado. Para más información respecto a la exhaustividad en la caracterización del ganado, véase la Sección 10.2.

El desarrollo de una serie temporal coherente de estimaciones de emisiones para esta categoría de fuente requiere, como mínimo, recabar una serie temporal internamente coherente de estadísticas de la población ganadera. Se puede encontrar orientación general sobre el desarrollo de una serie temporal coherente en el Volumen 1, Capítulo 5 de este informe. En la mayoría de los países, los otros dos conjuntos de datos de la actividad requeridos para esta categoría de fuente (es decir, las tasas de excreción de N y los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol), así como los factores de emisión de la gestión del estiércol, se mantienen constantes durante toda la serie temporal. Sin embargo, en algunos casos, puede haber razones para modificar estos valores a través del tiempo. Por ejemplo, los productores pueden modificar sus prácticas de alimentación del ganado, lo que podría modificar las tasas de excreción de nitrógeno. Un sistema dado de gestión del estiércol puede cambiar debido a prácticas operativas o a nuevas tecnologías de manera que pueda resultar necesario un factor de emisión revisado. Estos cambios en las prácticas pueden deberse a la aplicación de medidas explícitas de mitigación de gases de efecto invernadero o a modificaciones en las prácticas del agro que no tengan relación alguna con los gases de efecto invernadero. Independientemente de lo que provoque cambios, los parámetros y los factores de conversión que se utilicen para estimar las emisiones deben reflejar los cambios. En el texto del inventario debe explicarse minuciosamente la forma en la que los cambios en las prácticas rurales o la aplicación de medidas de mitigación han afectado la serie temporal de los datos de la actividad o los factores de emisión.

Es una *buena práctica* realizar verificaciones generales de control de calidad, tal como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6, Garantía de calidad / Control de calidad y verificación, y revisiones a cargo de expertos de las estimaciones de emisión. También pueden ser de aplicación verificaciones de control de calidad y procedimientos de garantía de calidad adicionales, en especial si, para determinar las emisiones de esta fuente, se utilizan métodos de nivel superior. La GC y el CC en general relacionados con el procesamiento de datos, su manejo y la declaración debe complementarse con los procedimientos que se analizan a continuación:

Verificación de los datos de la actividad

- El organismo a cargo del inventario debe revisar los métodos usados para recabar datos sobre el ganado y, en particular, verificar que los datos de las subespecies ganaderas se hayan recabado y agregado correctamente, teniendo en cuenta la duración de los ciclos de producción. Se debe efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores para garantizar que son razonables y coherentes con la tendencia esperada. Las agencias a cargo del inventario deben documentar los métodos de obtención de datos, identificar las potenciales áreas de sesgo, y evaluar la representatividad de los datos.
- Se debe revisar regularmente la asignación de sistemas de gestión del estiércol para determinar si se están teniendo en cuenta los cambios producidos en la industria ganadera. La conversión de un tipo de sistema de gestión en otro, y las modificaciones técnicas de la configuración y el comportamiento del sistema deben tenerse en cuenta en la modelización del sistema para el ganado que corresponda.
- La política y la reglamentación nacional del agro pueden repercutir sobre los parámetros que se emplean para calcular las emisiones de estiércol y se las debe revisar con regularidad para determinar qué impacto pueden tener. Por ejemplo, las directrices para reducir el escurrimiento de estiércol a masas de agua puede provocar un cambio en las prácticas de gestión y, en consecuencia, afectar la distribución del N para una categoría de ganado en particular. Se debe mantener la coherencia entre el inventario y los cambios que se vayan produciendo en las prácticas del agro.
- Si se emplean datos específicos del país para $N_{ex(T)}$ y $MS_{(T,S)}$, el organismo a cargo del inventario debe comparar estos valores con los valores por defecto del IPCC. Se deben documentar las diferencias significativas, las fuentes de datos y los métodos empleados para derivar los datos.

- Las tasas de excreción de nitrógeno, sean en valores por defecto o específicos del país, deben ser coherentes con los datos sobre ingesta alimentaria según lo determinado mediante análisis bromatológicos.

Revisión de los factores de emisión

- El organismo a cargo del inventario debe evaluar en qué medida se pueden comparar los factores de emisión de N₂O implícitos y las tasas de excreción de nitrógeno con alternativas fuentes de datos nacionales y con datos de otros países con prácticas ganaderas similares. Se deben investigar las diferencias significativas.
- Si se utilizan factores de emisión específicos del país, el organismo a cargo del inventario debe compararlos con los factores por defecto y señalar las diferencias. Se debe explicar y documentar cómo se realizó el desarrollo de los factores de emisión específicos del país, y los resultados deben someterse a una revisión por parte de expertos independientes.
- Siempre que resulte posible, los datos de mediciones de que se disponga, aunque representen sólo una pequeña muestra de los sistemas, deben revisarse con respecto a las hipótesis en cuanto a estimaciones de emisión de N₂O. Los datos de mediciones representativas pueden proporcionar conocimientos sobre el grado de exactitud con que las hipótesis actuales predicen la producción de N₂O de los sistemas de gestión del estiércol en la zona del inventario, y sobre cómo ciertos factores (p. ej., la ingesta alimentaria, la configuración del sistema, el tiempo de retención) están afectando las emisiones. Dada la relativa poca cantidad de información de mediciones disponible respecto a estos sistemas a nivel mundial, todo nuevo resultado puede mejorar la comprensión de estas emisiones y, posiblemente, su predicción.

Revisión externa

- El organismo a cargo del inventario debe utilizar expertos en gestión de estiércol y nutrición animal para llevar a cabo revisiones a cargo de pares expertos de los métodos y datos utilizados. Aunque estos expertos pueden no estar familiarizados con las emisiones de gases de efecto invernadero, su conocimiento de los principales parámetros de entrada para los cálculos de las emisiones pueden ayudar a la verificación general de las emisiones. Por ejemplo, los bromatólogos pueden evaluar las tasas de producción de N para confirmar si son coherentes con lo investigado respecto a utilización de alimentos para ciertas especies de ganado. Los productores del agro pueden proporcionar sus conocimientos sobre las verdaderas técnicas de gestión del estiércol, como períodos de almacenamiento y uso de sistemas mixtos. Siempre que resulte posible, estos expertos deben ser totalmente independientes del proceso del inventario a fin de permitir una revisión verdaderamente externa.

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones nacionales, como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6 (Garantía de calidad / Control de calidad y verificación). Cuando se han utilizado factores de emisión específicos del país, fracciones de pérdidas de N, tasas de excreción de N o datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol, la derivación o las referencias de estos datos deberán documentarse y declararse claramente junto con los resultados del inventario bajo la categoría de fuente del IPCC que corresponda.

Se deben declarar las emisiones de N₂O de distintos tipos de sistemas de gestión del estiércol según las categorías indicadas en el Cuadro 10.18. Bajo el título Gestión del estiércol, deben declararse las emisiones de N₂O de todos los tipos de sistemas de gestión del estiércol, con dos excepciones:

- Emisiones del sistema de gestión del estiércol para *pastura, prado y pradera*, que deben declararse bajo la categoría fuente del IPCC *Emisiones de N₂O de suelos gestionados*, ya que el ganado deposita este estiércol directamente sobre el suelo.
- Las emisiones relacionadas con el sistema de gestión del estiércol que se *quema para* combustible deben declararse bajo la categoría *Quema de combustible* del IPCC si el estiércol se emplea como combustible y bajo la categoría *Incineración de desechos* del IPCC si el estiércol se quema sin recuperación de energía. No obstante, es de hacer notar que, si el nitrógeno de la orina no se recoge para su quemado, también debe declararse bajo emisiones de N₂O de animales en *pasturas, prados y praderas*.

10.5.7 El uso de las hojas de trabajo

Úsense las hojas de trabajo para N₂O del ganado incluidas en el Anexo 1 (Hojas de trabajo de AFOLU) para calcular y declarar la información del inventario sobre metodologías por defecto descrita en la Sección 10.5 *Emisión de N₂O de la gestión del estiércol*. A continuación, un resumen de las instrucciones a seguir paso a paso para completar las hojas de trabajo. Nótese que las columnas se refieren al uso del símbolos de las variables que aparecen tanto en las ecuaciones como en los encabezados de las columnas de las hojas de trabajo.

Paso 1: cálculo de la excreción de N de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría *Gestión de desechos: Emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol, código de categoría 3A2, Hoja 1 de 1*). Hacer copias extra de la hoja de trabajo y completar una por cada uno de los sistemas de gestión del estiércol (MMS).

Paso 1A: recabar los datos de la población de la categorización de la población ganadera e ingresar los valores correspondientes en la columna $N_{(T)}$;

Paso 1B: Emplear los valores por defecto de $N_{\text{índice}}$ y TAM (Ecuación 10.30 y utilizar datos del Cuadro 10.19 y de los Cuadros 10A-4 a 10A-9) o desarrollar la tasa promedio anual de excreción de nitrógeno por cabeza ($N_{\text{ex}(T)}$) para cada especie/categoría de ganado definida T e ingresar estos valores en las columnas $N_{\text{índice}}$ y TAM, o $N_{\text{ex}(T)}$, respectivamente;

Paso 1C: ingresar en la columna $MS_{(T,S)}$ los valores por defecto (véanse los Cuadros 10A-4 a 10A-8 del Anexo 10A.2) o determinar la fracción de la excreción total anual de nitrógeno para cada especie/categoría ganadera T que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol S ($MS_{(T,S)}$);

Paso 1D: multiplicar la cantidad de cabezas (columna $N_{(T)}$) por el valor de la tasa de excreción de N por cabeza ($N_{\text{ex}(T)}$) para cada especie/categoría ganadera T (columna $N_{\text{ex}(T)}$) y por la fracción de nitrógeno del estiércol por MMS (columna $MS_{(T,S)}$) para estimar la excreción total de nitrógeno para cada MMS en kilos por año (columna NE_{MMS}). Ingresar los resultados en la columna NE_{MMS} de esta hoja y en la columna NE_{MMS} de las Hojas 1 de 2 y 2 de 2 de las hojas de trabajo bajo la categoría .

Paso 2: Cálculo de las emisiones directas de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría *Gestión de desechos*):

Paso 2A: Usar valores por defecto (Cuadro 10.21) o desarrollar factores de emisión directa de N_2O para cada sistema de gestión del estiércol S ($EF_{3(S)}$); e ingresar el factor de emisión correspondiente en la columna $EF_{3(S)}$;

Paso 2B: para cada tipo de sistema de gestión del estiércol S , multiplicar su factor de emisión (columna $EF_{3(S)}$) por la cantidad de nitrógeno gestionado (columna NE_{MMS}) en ese sistema, para estimar las emisiones directas de N_2O por MMS. Nótese que las estimaciones de emisiones deben declararse en kg de N_2O . Ingresar los resultados en la columna $N_2O_{D(\text{mm})}$ de esta hoja.

Paso 3: el cálculo de las emisiones indirectas de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría). Hacer copias extra de la hoja de trabajo, empleando una para cada MMS).

Paso 3A: ingresar en la columna $\text{Frac}_{\text{GasMS}}$ los valores por defecto (véase el Cuadro 10.22) o determinar la fracción específica del país de nitrógeno del estiércol ganadero que se volatiliza como NH_3 y NO_x para cada especie/categoría de ganado definida T por cada MMS ($\text{Frac}_{\text{GasMS}}$);

Paso 3B: multiplicar la fracción de nitrógeno del estiércol que se volatiliza como NH_3 y NO_x (columna $\text{Frac}_{\text{GasMS}}$) por la cantidad total de nitrógeno excretado en cada MMS por categorías de ganado (columna NE_{MMS}) para estimar la cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_x ($N_{\text{volatilización-MMS}}$);

Paso 3C: usar valores por defecto (véase el Cuadro 11.3, Capítulo 11, Sección 11.2 *Emisiones de N_2O de suelos gestionados*) o desarrollar factores de emisión específicos del país para emisión indirecta de N_2O de la deposición atmosférica de nitrógeno en suelos y en la superficie del agua, e ingresar el factor de emisión en la columna EF_4 .

Paso 3D: multiplicar la cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_x (columna $N_{\text{volatilización-MMS}}$) por el factor de emisión (columna EF_4), para calcular las emisiones indirectas anuales de N_2O por MMS. Nótese que las estimaciones de emisiones deben declararse en kg de N_2O . Ingresar los resultados en la columna $N_2O_{G(\text{mm})}$ de esta hoja.

Paso 4: cálculo del N del estiércol que está disponible para su aplicación a suelos o para uso con propósitos alimentarios, de combustible o de construcción de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría). Hacer copias extra de la hoja de trabajo, empleando una para cada MMS.

Paso 4A: ingresar en la columna $\text{Frac}_{\text{pérdidaMS}}$ los valores por defecto (véase el Cuadro 10.23) o desarrollar la fracción específica del país de pérdida total de nitrógeno del estiércol gestionado en cada MMS para cada especie/categoría de ganado definida T ($\text{Frac}_{\text{pérdidaMS}}$);

Paso 4B: si se dispone de valores específicos del país respecto al uso de camas orgánicas para MMS de almacenamiento sólido o cama profunda, calcular la cantidad de N de las camas multiplicando la cantidad de animales relacionadas con estos dos sistemas por el contenido de N de la cama por animal. Ingresar los resultados obtenidos en la columna N_{camaMS} .

Paso 4C: calcular el N del estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados, alimentación, combustible o construcción empleando la Ecuación 10.34 e ingresar los resultados obtenidos en la columna $N_{\text{MMS_Avb}}$. Entonces, se suman todos los sistemas de gestión del estiércol. Este valor se utiliza para el cálculo de las emisiones de N_2O procedentes de suelos gestionados (véanse las hojas de trabajo en el Anexo 1).

Anexo 10A.1 Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano por defecto en cuanto a fermentación entérica

En este anexo se presentan los datos utilizados para desarrollar los factores de emisión por defecto de las emisiones de metano por fermentación entérica. El método de Nivel 2 se aplicó con estos datos para estimar los factores de emisión por defecto para vacunos y búfalos.

CUADRO 10A.1
DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE NIVEL 1 DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA VACAS LECHERAS DEL CUADRO 10.11

Regiones	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo, hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)
América del Norte ^a	600	0	Engorde en establo	23,0	0	90%	75%	6,5%
Europa Occidental	600	0	Engorde en establo	16,4	0	90%	70%	6,5%
Europa Oriental ^b	550	0	Engorde en establo	7,0	0	80%	60%	6,5%
Oceanía ^c	500	0	Pastura/Prado	6,0	0	80%	60%	6,5%
América Latina ^d	400	0	Pastura/Prado	2,2	0	80%	60%	6,5%
Asia ^e	350	0	Engorde en establo	4,5	0	80%	60%	6,5%
África y Oriente Medio	275	0	Engorde en establo	1,3	0	67%	60%	6,5%
Subcontinente indio ^f	275	0	Engorde en establo	2,5	0	50%	55%	6,5%

^a Sobre la base de estimaciones para los Estados Unidos.

^b Sobre la base de estimaciones para la ex URSS.

^c Sobre la base de estimación de promedio para la región.

^d Sobre la base de estimaciones para Brasil.

^e Sobre la base de estimaciones para China.

^f Sobre la base de estimaciones para India.

Fuente: Gibbs y Johnson (1993).

CUADRO 10A.2
DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE NIVEL 1 PARA OTROS VACUNOS DEL CUADRO 10.11

Subcategoría	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo, hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)	Mezcla de población ponderada por día %	Factores de emisión (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
América del Norte^a										
Hembras maduras	500	0,0	Pastura/Prado	3,3	0,0	80%	60%	6,5%	36%	76
Machos maduros	800	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	2%	81
Terneros en lactancia	100	0,9	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	ND	0,0%	16%	0
Terneros a forraje	185	0,9	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	6,5%	8%	48
Vaquillonas/novillos en crecimiento	265	0,7	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	6,5%	17%	55
De reemplazo/en crecimiento	375	0,4	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	11%	66
Ganado de engorde en corral	415	1,3	Engorde en establo	0,0	0,0	0%	75%	3,0%	11%	33
Europa Occidental										
Machos maduros	600	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	22%	66
De reemplazo/en crecimiento	400	0,4	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	54%	73
Terneros en lactancia	230	0,3	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	0,0%	15%	0
Terneros a forraje	230	0,3	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	6,5%	8%	35
Europa Oriental^b										
Hembras maduras	500	0,0	Pastura/Prado	3,3	0,0	67%	60%	6,5%	30%	75
Machos maduros	600	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	22%	66
Jóvenes	230	0,4	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	48%	45
Oceanía^c										
Hembras maduras	400	0,0	Pastura/Prado	2,4	0,0	67%	55%	6,5 %	51%	71
Machos maduros	450	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	55%	6,5%	11%	61
Jóvenes	200	0,3	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	55%	6,5%	38%	46

^a Sobre la base de estimaciones para los Estados Unidos; ^b Sobre la base de estimaciones para la ex URSS; ^c Sobre la base de estimación de promedio para la región.

CUADRO 10A.2 (CONTINUACIÓN) DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE CH ₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE NIVEL 1 PARA OTROS VACUNOS DEL CUADRO 10.11										
Subcategoría	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo, hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)	Mezcla de población ponderada por día %	Factores de emisión (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
América Latina^d										
Hembras maduras	400	0,0	Grandes superficies	1,1	0,0	67%	60%	6,5%	37%	64
Machos maduros	450	0,0	Grandes superficies	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	6%	61
Jóvenes	230	0,3	Grandes superficies	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	58%	49
Asia^e										
Hembras maduras - Cría	325	0,0	Engorde en establo	1,1	0,55	33%	55%	6,5%	27%	50
Hembras maduras - Pastoreo	300	0,0	Pastura/Prado	1,1	0,00	50%	60%	6,5%	9%	46
Machos maduros - Cría	450	0,0	Engorde en establo	0,0	1,37	0%	55%	6,5%	24%	59
Machos maduros - Pastoreo	400	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,00	0%	60%	6,5%	8%	48
Jóvenes	200	0,2	Pastura/Prado	0,0	0,00	0%	60%	6,5%	32%	36
África										
Hembras maduras	200	0,0	Engorde en establo	0,3	0,55	33%	55%	6,5%	13%	32
Bueyes de tiro	275	0,0	Engorde en establo	0,0	1,37	0%	55%	6,5%	13%	41
Hembras maduras - Pastoreo	200	0,0	Grandes superficies	0,3	0,00	33%	55%	6,5%	6%	41
Toros - Pastoreo	275	0,0	Grandes superficies	0,0	0,00	0%	55%	6,5%	25%	49
Jóvenes	75	0,1	Pastura/Prado	0,0	0,00	0%	60%	6,5%	44%	16
Subcontinente indio^f										
Hembras maduras	125	0,0	Engorde en establo	0,6	0,00	33%	50%	6,5%	40%	28
Machos maduros	200	0,0	Engorde en establo	0,0	2,74	0%	50%	6,5%	10%	42
Jóvenes	80	0,1	Engorde en establo	0,0	0,00	0%	50%	6,5%	50%	23

^d Sobre la base de estimaciones para Brasil; ^e Sobre la base de estimaciones para China; ^f Sobre la base de estimaciones para India. Fuente: Gibbs y Johnson (1993).

CUADRO 10A.3
DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA BÚFALOS

Subcategoría	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo, hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)	Mezcla de población ponderada por día %	Factores de emisión, kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹
Subcontinente indio^a										
Cuadro 10A.3 Datos para estimar los factores de emisión de CH ₄ por fermentación	350 - 550	0,00	Engorde en establo	0,00	1,37	0%	55%	6,5%	14%	55 - 77
Hembras adultas	250 - 450	0,00	Engorde en establo	2,70	0,55	33%	55%	6,5%	40%	57 - 80
Jóvenes	100 - 300	0,15	Engorde en establo	0,00	0,00	0%	55%	6,5%	46%	23 - 50
Otros países^b										
Cuadro 10A.3 Datos para estimar los factores de emisión de CH ₄ por fermentación	350 - 550	0,00	Engorde en establo	0,00	1,37	0%	55%	6,5%	45%	55 - 77
Hembras adultas	250 - 450	0,00	Engorde en establo	0,00	0,55	25%	55%	6,5%	45%	45 - 67
Jóvenes	100 - 300	0,15	Engorde en establo	0,15	0,00	0%	55%	6,5%	10%	23 - 50
^a Sobre la base de estimaciones para India. ^b Sobre la base de estimaciones para China. Fuente: Gibbs y Johnson (1993).										

Anexo 10A.2 Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano de gestión del estiércol

En este anexo se presentan los datos utilizados para desarrollar los factores de emisión por defecto de las emisiones de metano por gestión del estiércol. El método de Nivel 2 se aplicó con estos datos para estimar los factores de emisión por defecto para cada una de las categorías de ganado.

Cuadro 10A-5 Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para otros vacunos											
Temperatura promedio anual (°C)		MCF del sistema de gestión del estiércol									
		Laguna ¹	Líquido/ Fango ¹	Almac. sólidos	Corral engorde	Pastura/ prado/ pradera	Distrib. diaria	Digestor	Quemado p/combust	Otros	
Frio	10	66%	17%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
Templado	15	74%	27%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	1,5%	0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
Cálido	26	79%	71%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
Región	Características de los otros vacunos			U. lización del sistema de gestión del estiércol (MS%)							
	Masá ^a kg	B _v ^b m ³ CH ₄ /kg VS	VS ^c kg/hd/día								
América del Norte ⁴	389	0,19	2,4	0,0%	0,2%	0,0%	18,4%	81,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Europa Occidental	420	0,18	2,6	0,0%	25,2%	39,0%	0,0%	32,0%	1,8%	0,0%	2,0%
Europa Oriental	391	0,17	2,7	0,0%	22,5%	44,0%	0,0%	20,0%	0,0%	0,0%	13,5%
Oceanía	330	0,17	3,0	0,0%	0,0%	0,0%	9,0%	91,0%	0,0%	0,0%	0,0%
América Latina	305	0,1	2,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	99,0%	0,0%	0,0%	1,0%
África	173	0,1	1,5	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	95,0%	1,0%	0,0%	3,0%
Oriente Medio	173	0,1	1,5	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	79,0%	2,0%	0,0%	17,0%
Asia	319	0,1	2,3	0,0%	0,0%	0,0%	46,0%	50,0%	2,0%	0,0%	0,0%
Subcontinente Indio	110	0,1	1,4	0,0%	1,0%	0,0%	4,0%	22,0%	20,0%	1,0%	53,0%

Factores de emisión kg CH ₄ por cabeza por año																												
Frio					Templado															Cálido								
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28										
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26										
6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23										
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Cuadro 10A-6 Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para búfalos											
Temperatura promedio anual (°C)		MCF del sistema de gestión del estiércol									
		Laguna ¹	Líquido/ Fango ¹	Almac. sólidos	Corral engorde	Pastura/ prado/ pradera	Distrib. Diaria	Digestor	Quemado p/combust	Otros	
Frio	10	66%	17%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
Templado	15	74%	27%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
Cálido	26	79%	71%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
Región	Características de los búfalos			Utilización del sistema de gestión del estiércol (MS%)							
	Masa ^a kg	B ₀ m ³ CH ₄ /kg VS	VS ^b kg/hd/día								
North America		(no corresponde)									
Western Europe	380	0,1	3,9	0%	20%	0%	79%	0%	0%	0%	0%
Eastern Europe	380	0,1	3,9	0%	24%	0%	0%	29%	0%	0%	47%
Oceania		(no corresponde)									
Latin America	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	0%	99%	0%	0%	1%
Africa		(no corresponde)									
Middle East	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	0%	20%	19%	0%	42%
Asia	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	41%	50%	4%	0%	5%
Indian Subcontinent	295	0,1	3,1	0%	0%	0%	4%	19%	21%	1%	55%

Factores de emisión kg CH ₄ por cabeza por año																											
Frio					Templado															Cálido							
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28									
No corresponde																											
4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17									
5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	15	16	17	19	19									
No corresponde																											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2								
No corresponde																											
4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5									
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2									
4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5									

Cuadro 10A-8 Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para porcinos de cría												
Temperatura anual promedio (°C)		MCF del sistema de gestión del estiércol										
		Laguna ¹	Líquido/ Fango ¹	Almac. sólidos	Corral engorde	Pozo <1 mes	Pozo >1 mes	Distrib. diaria	Digestor	Otros		
Frio	10	66%	17%	2,0%	1,0%	3,0%	17%	0,1%	10,0%	1,0%		
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	3,0%	19%	0,1%	10,0%	1,0%		
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	3,0%	20%	0,1%	10,0%	1,0%		
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	3,0%	22%	0,1%	10,0%	1,0%		
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	3,0%	25%	0,1%	10,0%	1,0%		
Templado	15	74%	27%	4,0%	1,5%	3,0%	27%	0,5%	10,0%	1,0%		
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	3,0%	29%	0,5%	10,0%	1,0%		
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	3,0%	32%	0,5%	10,0%	1,0%		
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	3,0%	35%	0,5%	10,0%	1,0%		
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	3,0%	39%	0,5%	10,0%	1,0%		
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	3,0%	42%	0,5%	10,0%	1,0%		
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	3,0%	46%	0,5%	10,0%	1,0%		
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	3,0%	50%	0,5%	10,0%	1,0%		
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	3,0%	55%	0,5%	10,0%	1,0%		
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	3,0%	60%	0,5%	10,0%	1,0%		
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	3,0%	65%	0,5%	10,0%	1,0%		
Cálido	26	79%	71%	5,0%	2,0%	30,0%	71%	1,0%	10,0%	1,0%		
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	30,0%	78%	1,0%	10,0%	1,0%		
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	30,0%	80%	1,0%	10,0%	1,0%		
Región	Características de los porcinos de cría			Utilización del sistema de gestión del estiércol (MS%)								
	Masa ^a kg	B _o ^b m ³ CH ₄ /kg VS	VS ^c kg/hd/día									
América del Norte	198	0,48	0,5	32,8%	18,5%	4,2%	4,0%	0,0%	40,6%	0,0%	0,0%	0,0%
Europa Occidental	198	0,45	0,46	8,7%	0,0%	13,7%	0,0%	2,8%	69,8%	2,0%	0,0%	3,0%
Europa Oriental	180	0,45	0,5	3,0%	0,0%	42,0%	0,0%	24,7%	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%
Oceania	180	0,45	0,5	54,0%	0,0%	3,0%	15,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	28,0%
América Latina	28	0,29	0,3	0,0%	8,0%	10,0%	41,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	40,0%
África	28	0,29	0,3	0,0%	6,0%	6,0%	87,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Oriente Medio	28	0,29	0,3	0,0%	14,0%	0,0%	69,0%	0,0%	17,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Asia	28	0,29	0,3	0,0%	40,0%	0,0%	54,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%
Subcontinente Indio	28	0,29	0,3	9,0%	22,0%	16,0%	30,0%	3,0%	0,0%	9,0%	8,0%	3,0%

Factores de emisión kg CH ₄ por cabeza por año																																						
Frio							Templado														Cálido																	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40								
19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	44	45	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29	32	33	
4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	16	17	17	20	20	21	21	22	22	23	23	23	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7
2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6

Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol																		
Animal	Países	Ovinos		Goats		Cerdos		Equinos		Mulass/Asnos		Aves de corral						
		desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.					en desarr.	
												Poned (seco)	Poned (húm.)	Parrill	Pavos	Patos		
Características de los animales		Masa (kg)	48,5	28	38,5	30	217	217	377	238	130	130	1,8	1,8	0,9	6,8	2,7	NR
		Digest (%)	0,60	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
		Ingesta/d (kg Alim.)	1,08	0,7	0,76	0,76	5,42	5,42	5,96	5,96	3,25	3,25	NR	NR	NR	NR	NR	NR
		% Ceniza (Base seco)	8,00	8	8	8	8	8	4	4	4	4	NR	NR	NR	NR	NR	NR
		VS/día (kg VS)	0,40	0,32	.	0,35	2,49	2,49	2,13	1,72	0,94	0,94	0,02	0,02	0,01	0,07	0,02	0,02
		B ₀ (m3/kg VS)	0,19	0,13	0,18	0,13	0,26	0,21	0,3	0,26	0,33	0,26	0,39	0,39	0,36	0,36	0,36	0,24
MCF del sistema de gestión del estiércol																		
Temperatura promedio anual (°C)	Frio	10	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	65%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%
		11	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	68%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%
		12	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	70%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%
		13	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	73%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%
		14	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	74%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%
	Templado	15	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	75%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		16	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	76%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		17	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	76%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		18	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	77%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		19	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		20	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		21	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		22	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		23	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	79%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
24		1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	79%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
25	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%		
Frio	26	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	2,0%	2,0%	
	27	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	2,0%	2,0%	
	28	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	2,0%	2,0%	
Factores de emisión (kg CH ₄ por cabeza por año)																		
Temperatura promedio anual (°C)	Frio	10	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,13	0,02	0,09	0,02	0,01
		11	0,19	.	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,18	0,02	0,09	0,02	0,01
		12	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,21	0,02	0,09	0,02	0,01
		13	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,26	0,02	0,09	0,02	0,01
		14	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,28	0,02	0,09	0,02	0,01
	Templado	15	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,30	0,02	0,09	0,03	0,02
		16	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,31	0,02	0,09	0,03	0,02
		17	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,32	0,02	0,09	0,03	0,02
		18	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,33	0,02	0,09	0,03	0,02
		19	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,35	0,02	0,09	0,03	0,02
		20	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,35	0,02	0,09	0,03	0,02
		21	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,36	0,02	0,09	0,03	0,02
		22	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,36	0,02	0,09	0,03	0,02
		23	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,4	1,64	1,14	0,90	0,03	1,37	0,02	0,09	0,03	0,02
24		0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,38	0,02	0,09	0,03	0,02	
25	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,38	0,02	0,09	0,03	0,02		
Cálido	26	0,37	0,20	0,26	0,22	3,17	2,56	3,13	2,19	1,52	1,20	0,03	1,38	0,02	0,09	0,03	0,02	
	27	0,37	0,20	0,26	0,22	3,17	2,56	3,13	2,19	1,52	1,20	0,03	1,39	0,02	0,09	0,03	0,02	
	28	0,37	0,20	0,26	0,22	3,17	2,56	3,13	2,19	1,52	1,20	0,03	1,39	0,02	0,09	0,03	0,02	

CUADRO 10A-9 (CONTINUACIÓN)
DERIVACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL PARA OTROS ANIMALES

Animal	Características del animal			Sistema de gestión del estiércol (SGF)	Factores de emisión (kg CH ₄ -cabeza ⁻¹ animal ⁻¹)
	Masa (kg)	SV (kg SV día ⁻¹)	Bo (m ³ kg SV)		
Cérvidos ^a	NR	NR	NR	NR	0,22
Renos ^b	NR	0,39	0,19	2,0 %	0,36
Conejos ^c	1,60	0,10	0,32	1,0 %	0,08
Pelíferos ^b	NR	0,14	0,25	8,0 %	0,68
Avestruces ^b	NR	1,16	0,25	8,0 %	5,67

a Sneath (1997) citado en el inventario de GES del Reino Unido.

b Estimaciones tomadas de la Universidad Agrícola de Noruega, Instituto de Química y Biotecnología, Departamento de Microbiología.

c Datos obtenidos a partir del inventario de GES italiano, 2004.

NR = no incluidos en los informes

Referencias

SECCIÓN 10.2 POBLACIÓN GANADERA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS

- AAC (Australian Agricultural Council) (1990). Feed Standards for Australian Livestock Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Publications, East Melbourne, Victoria, Australia.
- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients (1990). Nutritive Requirements of Ruminant Animals: Energy. Rep. 5, CAB International, Wallingford, U.K.
- Agricultural and Food Research Council (AFRC) Technical Committee on Responses to Nutrients (1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants. 24-159, CAB International, Wallingford, U.K.
- Bamualim, A. and Kartiarso (1985). 'Nutrition of draught animals with special reference to Indonesia.' In: Draught Animal Power for Production. J.W. Copland (ed.). Australian Centre for International agricultural Research (ACIAR), Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- Food and Agriculture Organisation (FAO) (1999). Statistical Database.
- Gibbs, M.J. and Johnson, D.E. (1993). "Livestock Emissions." In: International Methane Emissions, US Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington, D.C., U.S.A.
- Gibbs, M.J., Conneely, D., Johnson, D., Lassey, K.R. and Ulyatt, M.J. (2002). CH₄ emissions from enteric fermentation. In: Background Papers: IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, p 297–320. IPCC-NGGIP, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Kanagawa, Japan.
- Ibrahim, M.N.M. (1985). 'Nutritional status of draught animals in Sri Lanka.' In: Draught Animal Power for Production, J.W. Copland (ed.). ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- Jurgen, M.H. (1988). Animal Feeding and Nutrition, Sixth Edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, U.S.A.
- Lawrence, P.R. (1985). 'A review of nutrient requirements of draught oxen.' In: Draught Animal Power for Production. J.W. Copland (ed.). ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- National Research Council (NRC) (1984). Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.

SECCIÓN 10.3 EMISIONES DE METANO DE LA FERMENTACION ENTÉRICA DOMÉSTICA

- Clark, H., Brookes, I. and Walcroft, A. (2003). Enteric methane emissions from New Zealand ruminants 1999-2001 calculated using an IPCC Tier 2 approach. <http://www.climatechange.govt.nz/resources/reports/nir-apr03/>.
- Crutzen, P.J., Aselmann, I. and Seiler, W. (1986). "Methane Production by Domestic Animals, Wild Ruminants, Other Herbivorous Fauna, and Humans," *Tellus* **38B**:271-284.
- Diarra, B. (1994). Net energy value of soybean hulls as feed for sheep. Dissertation. Colorado State University, Ft Collins, CO.
- Donovan, K. and Baldwin, L. (1999). Results of the AAMOLLY model runs for the Enteric Fermentation Model. University of California, Davis.
- Hindrichsen, I., Kreuzer, M., Machmuller, A., Knudsen, K. E., Madsen, J. and Wettstein, H.R. (2003). Methane release and energy expenditure of dairy cows fed concentrates characterized by different carbohydrates. In: Prog. in Res. En. & Prot. Metabol. (Souffrant, W.B, and CC. Metges, eds.) Wageningen Acad. Pub, The Netherlands, EAAP Publ. 109:413-416.
- Johnson, K., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B. and Zimmerman, P. (1994). Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environmental. Sci. Tech.*, **28**: 359-362.

- Johnson, K.A. and Johnson, D.E. (1995). Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, **73**: 2483-2492
- Judd, M.J., Kelliher, F.M., Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Tate, K.R., Shelton, I.D., Harvey, M.J. and Walker, C.F. (1999). Net methane emissions from grazing sheep, *Global Change Biol.*, **5**, pp. 647-657.
- Kujawa, M. (1994). Energy partitioning in steers fed cottonseed hulls or sugar beet pulp. Dissertation, Colorado State University, Ft Collins, CO.
- Kurihara, M., Magner, T., Hunter, R.A. and McCrabb, G.J. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, **81**, pp. 227-234.
- Lassey, K.R. (2006). Livestock methane emission: from the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agric. For. Meteorol.* (in press).
- Lassey, K.R., Ulyatt, M.J., Martin, R.J., Walker, C.F. and Shelton, I.D. (1997). Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand, *Atmos. Environ.*, **31**, pp. 2905-2914.
- Leuning, R., Baker, S.K., Jamie, I.M., Hsu, C.H., Klein, L., Denmead, O.T. and Griffith, D.W.T. (1999). Methane emission from free-ranging sheep: a comparison of two measurement methods, *Atmos. Environ.*, **33**, pp. 1357-1365.
- Murray, B.R., Bryant, A.M. and Leng, R.A. (1978). Methane production in the rumen and lower gut of sheep given lucerne chaff: effect of level of intake, *Br. J. Nutr.*, **39**, pp. 337-345.
- National Research Council (NRC) (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC) (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Edit., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- Pinares-Patino, C.S., Ulyatt, M.J., Waghorn, G.C., Lassey, K.R., Barry, T.N., Holmes, C.W. and Johnson, D.E. (2003). Methane emission by alpaca and sheep fed on Lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birds foot trefoil. *J. Agric. Sci.* **140**:215-226.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2002a). "Seasonal variation in methane emission from dairy cows and breeding ewes grazing ryegrass/white clover pasture in New Zealand." *New Zealand Journal of Agricultural Research* **45**:217-226.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2002b). "Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand." *New Zealand Journal of Agricultural Research* **45**:227-234.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2005). Methane emission from sheep grazing four pastures in late summer in New Zealand. *New Zealand Journal Agricultural Research* **48**: 385-390.

SECCIÓN 10.4 EMISIONES DE METANO POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Pollinger, A. (1998). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from composted and anaerobically stored farmyard manure. Pages 209-216 in Martinez J, Maudet M-N (eds) Ramiran 98, Proc. 8th Int. Conf. on the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Rennes, France.
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Alt, Ch. (2001). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 103-113.
- ASAE (1999). ASAE Standards 1999, 46th Edition. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Hashimoto, A. and Steed, J. (1993). Methane emissions from typical U.S. livestock manure management systems. Draft report prepared for ICF Incorporated under contract to the Global Change Division of the Office of Air and Radiation, US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Hill, D.T. (1982). Design of digestion systems for maximum methane production. Transactions of the ASAE, **25**(1): pp. 226-230.
- Hill, D.T. (1984). Methane productivity of the major animal types. Transactions of the ASAE **27**(2): pp. 530-540.

- 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, France.
- Mangino, J., Bartram, D. and Brazy, A. (2001). Development of a methane conversion factor to estimate emissions from animal waste lagoons. Presented at U.S. EPA's 17th Annual Emission Inventory Conference, Atlanta GA, April 16-18, 2002.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B. (2004). Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality*, **33**: pp. 27-36.
- Peterson, K. and Jacobs, H. (2003). 1990-2002 Volatile solids and Nitrogen excretion rates deliverable under EPA Contract No. GS-10F-0124J, Task Order 004-02. Memorandum to EPA from ICF Consulting. August 28, 2003.
- Safley, L.M., Casada, M.E., Woodbury, J.W. and Roos, K.F. (1992). Global Methane Emissions from Livestock and Poultry Manure. US Environmental Protection Agency, Global Change Division, Washington, D.C., February 1992, EPA/400/1091/048.
- Sneath, R.W., Phillips, V.R., Demmers, G.M., Burgess, L.R. and Short, J.L. (1997). Long Term Measurements of Greenhouse Gas Emissions from UK Livestock Buildings. Bio-Engineering Division, Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe, Bedford, MK45 4HS. Livestock Environment: Proceedings of the Fifth International Symposium. Bloomington MN. May 29-31, 1997.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B. (2000). Greenhouse gas emissions from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality*, **29**: pp. 744-751.
- Hashimoto, A. and Steed, J. (1994). Methane emissions from typical U.S. livestock manure management systems. *Bioresource Technology* **50**: pp. 123-130.
- USDA (1996). Agricultural Waste Management Field Handbook, National Engineering Handbook (NEH). Part 651, U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. July.
- Woodbury, J.W. and Hashimoto, A. (1993). Methane Emissions from Livestock Manure. In International Methane Emissions, US Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington, D.C., U.S.A.
- Zeeman, G. (1994). Methane production/emission in storages for animal manure. *Fertilizer Research* **37**: 207-211, 1994. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- SECCIÓN 10.5 EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Pollinger, A. (1998). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from composted and anaerobically stored farmyard manure. Pages 209-216 in Martinez J, Maudet M-N (eds) Ramiran 98, Proc. 8th Int. Conf. on the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Rennes, France.
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Alt, Ch. (2001). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 103-113.
- Asman, W.A.H., Sutton, M.A. and Schjoerring, J.K. (1998). Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. *New Phytol.*, **139**, p. 27-48
- Bierman, S., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Stock, R.A. and Shain, D.H. (1999). Evaluation of nitrogen and organic matter balance in the feedlot as affected by level and source of dietary fiber. *J. Anim. Sci.* **77**:1645-1653.
- Döhler, H., Eurich-Menden, B., Dämmgen, U., Osterburg, B., Lüttich, M., Bergschmidt, A., Berg, W., Brunsch, R. (2002). BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungszenarien bis zum Jahre 2010. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin.
- Dustan, A. (2002). Review of methane and nitrous oxide emission factors in cold climates. Institutet for jordbruks-och miljöteknik, JTI-rapport, Lantbruk & Industri, 299.
- Eghball, B. and Power, J.F. (1994). Beef cattle feedlot manure management. *J. Soil Water Cons.* **49**:113-122.
- European Environmental Agency (2002). Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 3rd ed., July 2002, Copenhagen.

- Groot Koerkamp, P.W.G., Speelman, L. and Metz, J.H.M. (1998). Effect of type of aviary, manure and litter handling on the emission kinetics of ammonia from layer houses. *Br. Poult. Sci.*, **39**, p. 379-392.
- Hao, X., Chang, C., Larney, F.J. and Travis, G.R. (2001). Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal Environmental Quality* **30**: pp. 376-386.
- Harper, L.A., Sharpe, R.R. and Parkin, T.B. (2000). Gaseous emissions from anaerobic swine lagoons: Ammonia, Nitrous Oxide, and Dinitrogen Gas. *Journal of Environmental Quality* **29**: pp. 1356-1365.
- Hutchings, N.J., Sommer, S.G., Andersen, J.M. and Asman, W.A.H. (2001). A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment*, **35**, p. 1959-1968.
- Külling, D.R., Menzi, H., Sutter, F., Lischer, P. and Kreuzer, M. (2003). Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based rations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **65**: pp. 13-22.
- Lague, C., Fonstad, T. A., Marquis, A., Lemay, S.P., Godbout, S. and Joncas, R. (2004). Greenhouse Gas Emissions from Swine Operations in Québec and Saskatchewan: Benchmark Assessments. Climate Change Funding Initiative in Agriculture (CCFIA), Canadian Agricultural Research Council, Ottawa, ON.
- Nusser, S.M. and Goebel, J.J. (2000). Ammonia Volatilization from Dairy and Poultry Manure. In: *Managing Nutrients and Pathogens from Animal Agriculture*. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, Ithaca, NY. March 28-30, 2000. NRAES-130, p.334-354.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Anderson, B.H. (2000). Nitrogen mass balance in deep litter during the pig fattening cycle and during composting. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **137**:235-250.
- Monteny G. J., Groesetein C. M. and Hilhorst M. A. (2001). Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 123-132.
- Monteny, G.J. and Erisman, J.W. (1998). Ammonia emissions from dairy cow buildings: A review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Neth. J. Agric. Sci.*, **46**, p. 225-247.
- Moreira, V.R. and Satter, L.D. (2004). Estimating nitrogen loss from dairy farms. *Pedology*.
- National Research Council (NRC) (1996). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 7th Revised Ed., Nat. Acad. Press, Washington., DC
- Nicks, B., Laitat, M., Vandenheede, M., Desiron, A., Verhaege, C. and Canart, B. (2003). Emissions of Ammonia, Nitrous Oxide, Methane, Carbon Dioxide, and Water Vapor in the Raising of Weaned Pigs on Straw-Based and Sawdust-Based Deep Litters. *Animal Research Journal*, **52**: pp. 299-308.
- Rotz, C.A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* **82**(E. Suppl.):E119-E137.
- Sneath, R.W., Phillips, V.R., Demmers, G.M., Burgess, L.R. and Short, J.L. (1997). Long Term Measurements of Greenhouse Gas Emissions from UK Livestock Buildings. Bio-Engineering Division, Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe, Bedford, MK45 4HS. *Livestock Environment: Proceedings of the Fifth International Symposium*. Bloomington MN. May 29-31, 1997.
- Sommer, S.G. and Moller, H.B. (2000). Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production – effect of straw content. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **134**:327-335.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B. (2000). Greenhouse gas emissions from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality* **29**: pp. 744-751.
- US EPA (2004). *National Emission Inventory – Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations*, Draft Report. January 30, 2004.
- Wagner-Riddle, C. and Marinier, M. (2003). Improved Greenhouse Gas Emission Estimates from Manure Storage Systems. Prepared for Climate Change Funding Initiative in Agriculture, Final Project Report, Component 2-3 Projects, Climate Change Science and Technology.
- Webb, J. (2001). Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. *Environ. Pollut.* **111**, p. 395-406.