
MENSAJES PRINCIPALES DEL CAPÍTULO 1

- Las pruebas científicas demuestran que la acción colectiva no es suficiente para afrontar eficazmente los cambios climáticos; se requieren los esfuerzos y compromisos renovados de todos los sectores.
- Como importante usuario de los recursos naturales y factor que contribuye al cambio climático, el sector ganadero debe afrontar su huella ecológica.
- El sector enfrenta el difícil reto de tener que reducir sus emisiones de GEI mientras hace frente a un aumento considerable de la demanda de productos pecuarios (que se prevé que será de +70% entre 2005 y 2050), impulsada por la creciente población mundial (9 600 millones de personas para 2050), la mejora del bienestar económico y la urbanización.



INTRODUCCIÓN

La población mundial pasará de 7 200 millones actuales a 9 600 millones en 2050. La combinación de crecimiento demográfico, aumento de los ingresos y urbanización plantea un desafío sin precedentes a los sistemas alimentarios y agrícolas, mientras que los recursos naturales necesarios para sostener la producción de alimentos y productos no alimenticios a nivel mundial, así como la prestación de servicios procedentes de la agricultura, no aumentarán. Impulsadas por la fuerte demanda de una emergente clase media mundial, las dietas serán más ricas y cada vez más diversificadas, y el incremento de los alimentos de origen animal será particularmente acentuado; se prevé que en 2050 la demanda de carne y leche aumenten en un 73% y 58% respectivamente, en relación con los niveles de 2010 (FAO, 2011c).

Los recursos naturales necesarios para sostener este crecimiento están sometidos a dura prueba. Actualmente, la agricultura contribuye de manera importante a las cuestiones ambientales, como el cambio climático, la degradación de la tierra, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad. El futuro aumento de la producción se tendrá que adecuar a la creciente escasez de recursos naturales (entre estos la tierra, el agua y los nutrientes y los desechos) y las emisiones de GEI se tendrán que reducir.

En el ámbito de la agricultura, la atención se ha centrado en el sector pecuario debido a su amplia interrelación con el medio ambiente. Tradicionalmente, la ganadería era un sector impulsado por la oferta, que transformaba materiales de desecho y otros recursos de limitado uso alternativo en productos comestibles y otros bienes y servicios. Sus dimensiones eran relativamente limitadas y otro tanto sucedía con sus repercusiones ambientales. Sin embargo, desde que la demanda ha pasado a impulsar de manera creciente al sector ganadero, su crecimiento se ha acelerado y ahora compite por los recursos naturales con otros sectores. Las repercusiones ambientales han aumentado y a menudo se señala que el sector es particularmente sediento de recursos.

Han surgido tres preocupaciones. Primero, la producción de proteína animal, especialmente cuando los animales se alimentan con cultivos especializados, suele ser menos eficaz que la producción de cantidades equivalentes de proteína vegetal. Segundo, la ganadería extensiva suele practicarse en entornos remotos en los que la deforestación y la degradación de la tierra reflejan la debilidad de las instituciones y las políticas. Por último, la producción ganadera intensiva tiende a aglomerarse en lugares con ventajas de costos (situados a menudo cerca de ciudades o puertos), en

los que no existen tierras suficientes para reciclar los desechos provenientes de la ganadería, lo que genera un exceso de nutrientes y contaminación.

Sin embargo, la oferta sigue impulsando a una gran parte del sector ganadero. Centenares de millones de pastores y pequeños agricultores dependen de la ganadería para su supervivencia diaria y la obtención de alimentos e ingresos extras. Estas formas tradicionales de producción ganadera se ven sometidas a una creciente presión a causa de la competencia por la tierra y el agua. Los sistemas tradicionales a menudo no son fáciles de intensificar y generalmente resultan perjudicados por la falta de competitividad, infraestructura y barreras comerciales para acceder a las cadenas de valor modernas. La presencia de un gran número de personas pobres que trabajan en el sector ganadero, aunque dificulta los esfuerzos encaminados a mejorar el desempeño ecológico, también brinda oportunidades. Invertir en una producción eficaz y compensar a los pastores y criadores de ganado por la prestación de servicios ambientales, como abastecimiento de agua, protección de la biodiversidad y retención de carbono, puede producir beneficios sociales y ambientales en el caso de que se encuentren mecanismos de incentivos adecuados.

El presente informe se centra en la incidencia de la ganadería en el cambio climático. Esta cuestión, si bien no es más que uno de los diversos aspectos de la sostenibilidad ambiental, ha sido objeto de particular interés y debate. En 2006, la FAO publicó el estudio titulado *‘La larga sombra del ganado – problemas ambientales y opciones’* en el que se ofrecía una visión de conjunto a nivel mundial que demostraba que la ganadería tenía un impacto en el medio ambiente mucho mayor que lo que se pensaba normalmente. Lo que es más importante, la atención se ha centrado en los papeles más indirectos que la ganadería desempeña en la degradación del medio ambiente, como motor de la deforestación y la degradación y de la intensificación de la agricultura y la industrialización, y como competidor por los recursos naturales. La publicación *‘La larga sombra del ganado’* proporcionaba una perspectiva total sobre la

importancia del ganado en el cambio climático, el agua y la biodiversidad. Sin embargo, el problema del cambio climático y la contribución de la ganadería al total de las emisiones de GEI, estimada en un 18%, fueron las cuestiones que recibieron más atención.

Hacer frente al cambio climático ha adquirido suma urgencia. El primer decenio del siglo XXI fue el más caluroso que se haya registrado jamás (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio - NASA, enero de 2013), y los años 2010 y 2005 fueron aquellos en que se registraron las temperaturas más altas. En noviembre de 2012, el Banco Mundial advirtió de que la temperatura del planeta iba camino de aumentar de 4 °C con efectos devastadores, como olas de calor extremo, disminución de las existencias alimentarias mundiales y aumento del nivel del mar (Banco Mundial, 2012) y, en última instancia, graves riesgos para los sistemas vitales para el sustento del ser humano. Instó a mantener el calentamiento por debajo de 2 °C³. Pero, la puerta de los objetivos climáticos se está cerrando (Stocker, 2013): cuanto más tarde tenga lugar la reducción de las emisiones mundiales, mayores serán los esfuerzos para lograr un escenario de estabilización determinado. Suponiendo una tasa máxima de reducción de las emisiones del 5% anual, probablemente ya no se pueda alcanzar el objetivo 1,5 °C y, de no adoptarse medidas antes de 2027, tampoco se alcanzará el objetivo de 2 °C.

Aunque las conclusiones de los estudios sobre el cambio climático son claras y el impacto cada vez más visible, las medidas para hacerle frente no son suficientes. El último informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) sobre las diferencias en cuanto a emisiones indica que con las actuales promesas de los países para reducir las emisiones de GEI no se logrará más que un tercio de las reducciones necesarias para impedir un aumento de 2 °C de la temperatura mundial antes de finales de 2020.

³ La comunidad mundial se ha comprometido a limitar el aumento de la temperatura media de la superficie de la tierra por debajo de 2 °C con respecto a la media preindustrial.

Existe un sinfín de diferentes situaciones de producción, repercusiones ambientales y posibles estrategias de intervención, y toda evaluación global es una simplificación de la realidad. La mitigación debe ajustarse a las condiciones locales. Fundamentalmente, estas intervenciones deben abordar la dimensión social y relativa a la pobreza de la ganadería, y no se pueden poner en peligro los medios de subsistencia que dependen de la ganadería cuando faltan alternativas.

Este informe proporciona una instantánea del estado actual del trabajo de evaluación de la FAO sobre la contribución de la ganadería al cambio climático. Se basa en tres informes técnicos que abordan el problema de las emisiones producidas por el ganado lechero (FAO, 2010a), los rumiantes (FAO, 2013a) y los animales monogástricos (FAO, 2013b). Presenta un panorama general de los resultados y examina las principales posibilidades y opciones de mitigación desde el punto de vista de la producción ganadera. No examina las posibles opciones de mitigación desde el punto de vista del consumo.

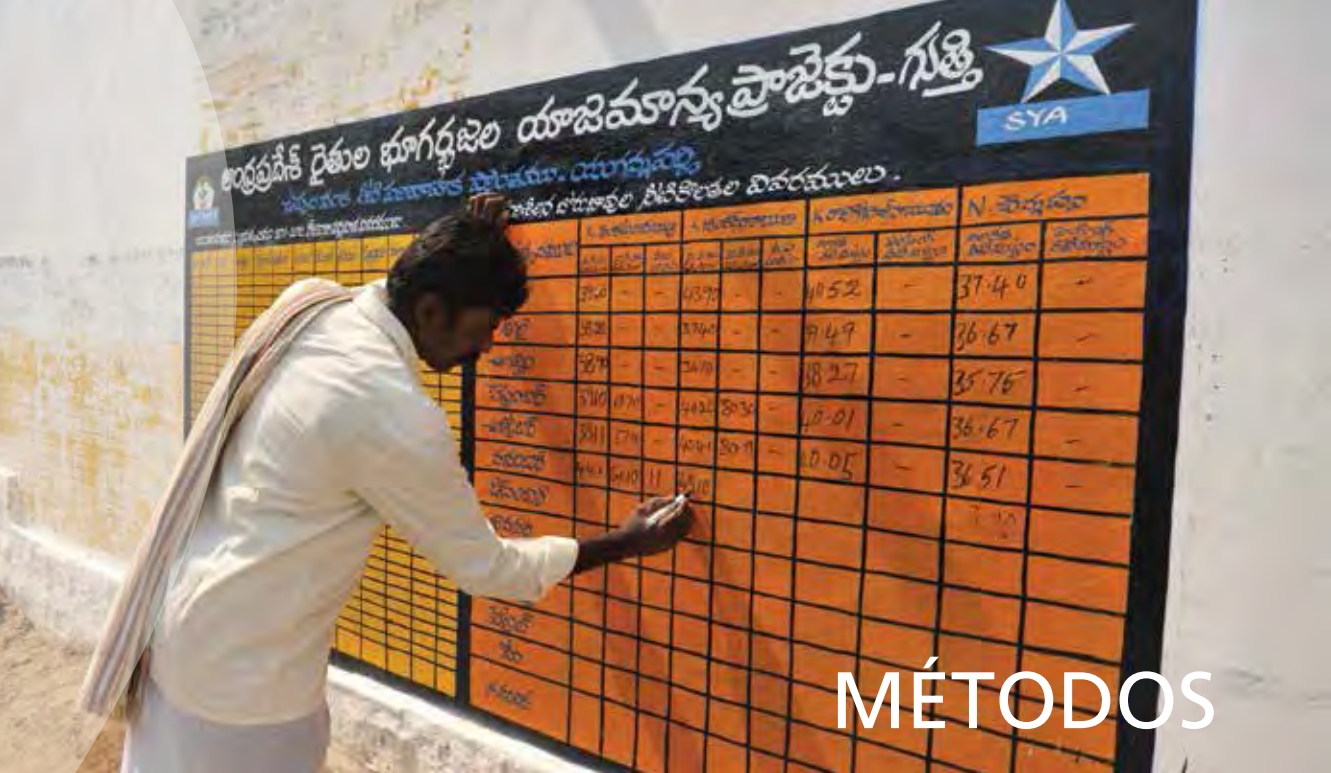
En un análisis complejo como este, los resultados nunca son definitivos, sino más bien la mejor evaluación, susceptible de mejorarse, que se puede realizar con los recursos disponibles.

La evaluación que se presenta en este informe es el resultado de un trabajo de colaboración sobre diferentes productos pecuarios realizado en estos últimos años con aportes de organizaciones públicas y privadas. Su intención es enriquecer los debates sobre la ganadería y el uso de los recursos, y cabe esperar que de lugar a aportaciones y sugerencias decisivas para ulteriores mejoras y perfeccionamientos.

El informe se presenta en un momento en que se reconoce cada vez más la necesidad urgente de abordar las cuestiones relativas al uso de los recursos ganaderos, y en que una amplia variedad de partes interesadas, entre ellos los gobiernos, el sector privado, los grupos de productores, las instituciones de investigación y las organizaciones intergubernamentales, se han comprometido a hacer frente a las cuestiones relativas al uso de los recursos relacionadas con el sector ganadero.

MENSAJES PRINCIPALES DEL CAPÍTULO 2

- La presente evaluación se basa en el modelo de contabilidad ambiental para la ganadería mundial (GLEAM) recientemente elaborado. Este nuevo marco de modelización permite producir estimaciones desglosadas de las emisiones de GEI y las intensidades de emisión de los principales productos básicos, sistemas de explotación agrícola y regiones del mundo. El GLEAM cuantifica las emisiones de GEI por unidades espaciales geográficamente definidas (cuadrículas que miden 5 km x 5 km en la línea ecuatorial), basándose en módulos que reproducen los principales elementos de las cadenas de suministro ganadero.
- El modelo integra importantes perfiles geográficos, como la calidad de los suelos, el clima y el uso de la tierra, lo que representan una mejora importante con respecto a las demás evaluaciones que se basaban en promedios nacionales.
- El análisis utiliza el método de la evaluación del ciclo biológico (ECB) para determinar todas las fuentes principales de emisión a lo largo de las cadenas de suministro, desde la utilización de la tierra y la producción de piensos, pasando por la producción animal, hasta la elaboración y el transporte de los productos a los puntos de venta al por menor.
- Se examinan los tres principales GEI emitidos por las cadenas alimentaria y agrícola, esto es, el CH₄, el N₂O y el CO₂.
- Las especies pecuarias incluidas en la evaluación son los grandes rumiantes (vacunos y búfalos), los pequeños rumiantes (ovejas y cabras), y los cerdos y aves de corral (pollos, pavos, patos y ocas).
- El GLEAM utiliza información espacialmente explícita proveniente de una amplia variedad de fuentes y se basa predominantemente en las directrices del IPCC (2006) para el cálculo de las emisiones.
- El año de referencia es 2005, dado que es el año con la serie completa más reciente de datos necesaria para llevar a cabo el análisis. También se utilizaron datos más recientes para identificar las últimas tendencias en el cambio de uso de la tierra.
- La solidez de los supuestos del modelo se sometió a prueba a través del análisis de sensibilidad y los resultados se compararon con los de otros estudios para determinar su credibilidad.
- El potencial de mitigación derivado de la retención del carbono en el suelo de los pastizales no se estimó en el marco del GLEAM, sino utilizando los modelos de ecosistemas Century y Daycent: modelos de ecosistemas de pastizales especializados.



MÉTODOS

2.1 INTRODUCCIÓN

El Modelo de contabilidad ambiental de la ganadería mundial (GLEAM) se elaboró para contribuir a mejorar la comprensión de las emisiones de GEI causadas por la producción ganadera a lo largo de las cadenas de suministro, e identificar esferas de intervención, y establecer un orden de prioridad entre ellas, a fin de reducir las emisiones del sector.

La falta de un instrumento que permitiera llevar a cabo un análisis exhaustivo y coherente de las emisiones causadas por la producción ganadera mundial indujo a elaborar este nuevo marco de construcción de modelos.

El GLEAM también se elaboró con la finalidad de probar la eficacia de las prácticas de mitigación y favorecer su agrupación en paquetes que pudieran adoptarse en diferentes sistemas de producción, con sujeción, desde luego, a su viabilidad económica e institucional. A este respecto, el GLEAM dispone de una cantidad elevada de datos cuantitativos sobre las funciones de producción del hato y los flujos de recursos, que es idónea para la labor de construcción de modelos bioeconómicos necesarios para respaldar estas amplias evaluaciones. Esto se puede lograr me-

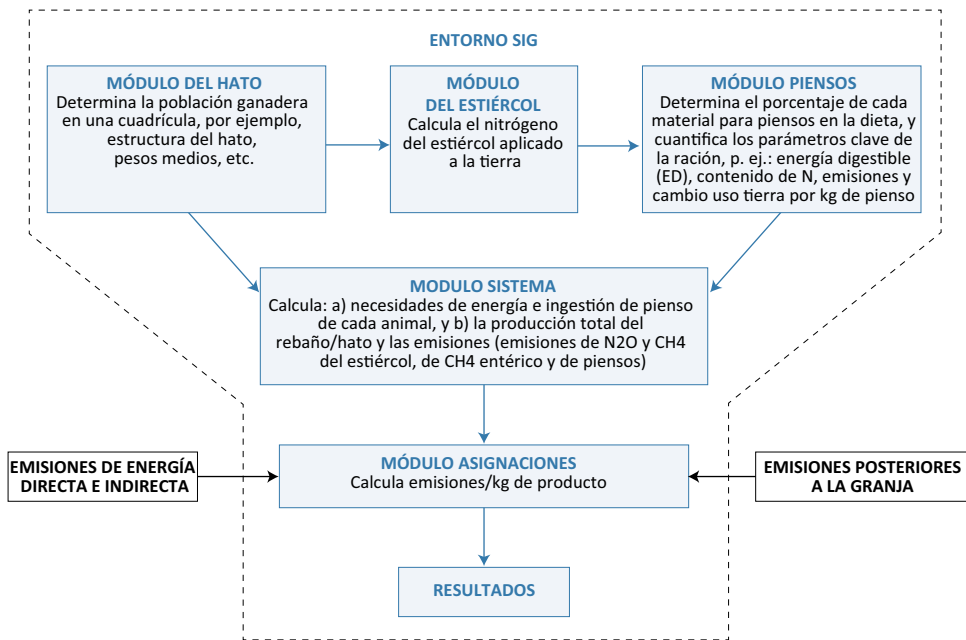
dante la inclusión directa de datos y parámetros económicos en el marco del GLEAM, o bien combinando el GLEAM con modelos económicos existentes, como GTAP, CAPRI, GLOBIOM o IMPACT (Hertel *et al.*, 1999; Britz & Witzke, 2008; Havlik *et al.*, 2011; Rosegrant *et al.*, 2008).

El GLEAM se elabora en la FAO, con el apoyo de las organizaciones asociadas y las iniciativas conexas, como el MICCA y la LEAP.⁴ La LEAP proporciona una plataforma para la armonización de los parámetros y métodos de seguimiento del desempeño ecológico de las cadenas de suministro ganadero, y contribuye decisivamente a la elaboración de los métodos y supuestos en que se basa el GLEAM.

En su forma actual, el modelo no cuantifica más que las emisiones de GEI, pero se elaboró con la intención de abarcar otras categorías ambientales, como los nutrientes, el agua y el uso de la tierra. La estructura básica de datos y los módulos de que se compone el modelo se han establecido para respaldar esta evolución, que se beneficiará del trabajo realizado en el marco de la LEAP.

⁴ www.fao.org/partnerships/leap

GRÁFICO 1. Panorama general de los módulos del GLEAM y flujos de cálculos



Fuente: Autores

2.2 EL MODELO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA GANADERÍA MUNDIAL (GLEAM)⁵

Panorama general

El GLEAM representa las principales actividades de las cadenas de suministro ganadero del mundo con la finalidad de examinar las implicaciones ambientales de las prácticas de producción de los más importantes productos básicos, sistemas de explotación agrícola y regiones.

El GLEAM se basa en cinco módulos que reproducen los elementos principales de las cadenas de suministro ganadero: el *módulo del hato*, el *módulo de los piensos*, el *módulo del estiércol*, el *módulo del sistema* y el *módulo de las asignaciones*.

En la Figura 1 se presenta la estructura del modelo en su conjunto.

El *módulo del hato* comienza con el número total de animales de una determinada especie y sistema en el interior de una cuadrícula del SIG. Atribuye los animales a los diferentes sistemas de explotación, determina la estructura del hato (esto es, el número de animales en cada cohorte, y el ritmo con el cual los animales se mueven entre cohortes), y las características del animal medio en cada cohorte (por ejemplo, peso e índice de crecimiento).

Los datos sobre la estructura del hato y las características del animal se utilizan posteriormente en el *módulo del sistema* para calcular las necesidades de energía de cada tipo de animal y la cantidad total de carne, leche y huevos producida cada año en la cuadrícula del SIG. La información del

⁵ Para una presentación detallada del GLEAM y las bases de datos asociadas, véase FAO (2013a y 2013b).

módulo del hato se utiliza también en el *módulo del estiércol* para hacer estimaciones de la producción de estiércol. Al mismo tiempo, el *módulo de los piensos* calcula parámetros clave relativos a los piensos, esto es, la composición, el contenido nutricional y las emisiones por kilogramo de ración forrajera. En el Apéndice se puede encontrar más información a este respecto.

La información sobre la estructura del hato, el estiércol y las características del animal y los piensos se utiliza posteriormente en el *módulo del sistema* para calcular la producción anual total, así como las emisiones derivadas de la gestión del estiércol, la fermentación entérica y la producción de piensos. Las emisiones totales en la granja se calculan añadiendo las emisiones relativas al consumo de energía en la granja ocasionado por el uso directo de la energía, la construcción de edificios y la fabricación de equipos.

Luego, las emisiones totales en la granja se asignan a coproductos y servicios en el *módulo de las asignaciones* y, posteriormente, se calculan las intensidades de emisión en la granja. Las emisiones producidas por las actividades posteriores a las operaciones en la granja se calculan separadamente y al final se añaden a las anteriores para obtener la intensidad de emisión total.

Fuentes de emisiones

El modelo tiene en cuenta todas las fuentes principales de emisión a lo largo de las cadenas de suministro ganadero (Cuadro 1); no se omitieron más que las emisiones que generalmente se consideran marginales. Las variaciones relativas a las reservas de carbono en el suelo y en la vegetación que no supongan un cambio de uso de la tierra pueden ser importantes, pero no se incluyen debido a la falta de información y de marcos de modelización fiables. Sin embargo, el efecto de esta simplificación se ha examinado en el caso de la Unión Europea (FAO, 2013a). El análisis indica que los pastizales permanentes pueden representar un sumidero de $11,5 \pm 69,0$ millones de toneladas de CO_2 -eq por año, o el $3\% \pm 18\%$ de las emisiones de GEI del sector de los rumiantes en la Unión Europea.

Otras trayectorias de emisión potencialmente importantes que no se han incluido debido a limitaciones de datos son aquellas asociada con la fuerza de trabajo y con la prestación de servicios y asistencia a las partes interesadas a lo largo de las cadenas de suministro.

Emisiones derivadas del cambio de uso de la tierra

El cambio de uso de la tierra es un proceso muy complejo. Es el resultado de la interacción de diversos factores, ya sean directos o indirectos, y puede suponer numerosas operaciones, como el desbroce, el pastoreo, el cultivo, el abandono y la regeneración en bosque secundario. Desde el punto de vista del cambio climático, la deforestación es el proceso de cambio de uso de la tierra que genera la mayoría de las emisiones de GEI (IPCC, 2007). El debate en torno a las principales causas de la deforestación está en curso, así como la atribución de las emisiones de GEI a tales causas.

En la versión actual del GLEAM, los cambios de uso de la tierra se consideran como la transformación tanto de la superficie forestal en tierra arable para la producción de cultivos forrajeros como de los bosques en pastizales. Las emisiones se cuantifican generalmente con arreglo al método del cálculo del Nivel I de las directrices del IPCC (IPCC, 2006).

El análisis de la expansión de los cultivos forrajeros se limitó a la producción de soja en el Brasil y la Argentina. Esta decisión se debe a la observación de las tendencias en las transiciones en el uso de la tierra y las expansiones de los cultivos: en el período 1990-2006⁶, que en este estudio se utiliza como período de referencia, las principales expansiones de las tierras de cultivo en el mundo se relacionaron con la producción de maíz y soja, pero sólo en América Latina esta expansión se vinculó directamente a una disminución de la superficie

⁶ Se escogió 1990 como año inicial porque era el año más reciente del que se disponía un conjunto de datos coherentes sobre los bosques en la base de datos FAOSTAT. Prácticamente, esta elección de 1990 descarta cuatro años de emisiones relacionadas con el cambio de uso de la tierra con respecto al período de 20 años recomendado por el IPCC (IPCC, 2006).

CUADRO 1. Fuentes de emisiones de GEI consideradas en esta evaluación

Cadena de suministro	Actividad	Gas efecto invernadero	Incluida	No incluida
FASE ANTERIOR A LA UNIDAD DE EXPLOTACIÓN	Producción de piensos	N ₂ O	N ₂ O directo o indirecto proveniente de: <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de N inorgánico • La aplicación de estiércol • El depósito directo del estiércol debido al pastoreo y a los animales que se alimentan con residuos • El manejo de residuos agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas de N₂O relacionadas con cambios en las reservas de C • Quema de biomasa • Fijación biológica • Emisiones de fertilizantes no nitrogenados y la cal
		CO ₂ N ₂ O CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de energía en las operaciones de campo • Uso de energía en el transporte y elaboración de piensos • Fabricación de fertilizantes • Mezcla de piensos • Producción de piensos no agrícolas (harina de pescado, cal y aminoácidos sintéticos) • CH₄ proveniente del cultivo de arroz por anegamiento • Cambio de uso de la tierra relacionado con el cultivo de soja 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en las reservas de carbono debidos al uso de la tierra bajo prácticas de manejo constantes
	Producción no relacionada con los piensos	CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Energía indirecta relacionada con la construcción de edificios y fabricación de equipos en las unidades de explotación 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de productos de limpieza, antibióticos y medicamentos
UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANIMAL	Producción ganadera	CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentación entérica • Manejo del estiércol 	
		N ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> • N₂O directo e indirecto proveniente de la gestión del estiércol 	
		CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Uso directo de energía en las explotaciones agrícolas para el ganado (por ejemplo, refrigeración, ventilación y calefacción) 	
FASE POSTERIOR A LA UNIDAD DE EXPLOTACIÓN	Posterior a la explotación	CO ₂ CH ₄ HFCs	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de animales vivos y productos al matadero y a la planta de elaboración • Transporte de productos elaborados a los puntos de venta al por menor • Refrigeración durante el transporte y la elaboración • Elaboración primaria de la carne en canales y cortes de carne, y de los huevos • Fabricación de envases 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas residuales en el lugar • Emisiones provenientes de desechos animales o emisiones ahorradas debido a la generación de energía en el lugar a partir de residuos • Emisiones derivadas de subproductos de matadero (por ejemplo, grasas, despojos, cueros y pieles) • Uso de energía en la venta y después de la venta • Eliminación de residuos en las fases de venta y posventa¹

¹ No se incluyen las pérdidas de alimentos.

Fuente: autores.

CUADRO 2. Resumen de los sistemas de producción de rumiantes

Sistema	Características
Sistema de pastoreo (o basados en pastizales)	Sistemas de producción ganadera en que más del 10% de la materia seca con que se alimenta a los animales se produce en la granja y en que las tasas anuales medias de densidad del ganado no superan las diez cabezas por hectárea de tierra agrícola.
Sistemas mixtos	Sistemas de producción ganadera en que más del 10% de la materia seca con que se alimenta al ganado proviene de subproductos agrícolas y/o el rastrojo o más del 10% del valor de la producción proviene de actividades agrícolas no ganaderas.

Fuente: FAO, 2011b.

CUADRO 3. Resumen de los sistemas de producción porcina

Sistema	Alojamiento	Características
Industrial	Completamente cerrado: piso de listones de hormigón, techo y soporte de acero, ladrillos, muros de acero o madera.	Completamente orientado al mercado; elevadas necesidades de insumos de capital (como infraestructura, edificios y equipo); nivel elevado de rendimiento del hato; piensos comprados no provenientes del lugar en la dieta o piensos producidos intensivamente en la granja.
Intermedio	Parcialmente cerrado: sin muros (o, de existir, hechos de materiales locales), piso sólido de hormigón, techo y soporte de acero.	Completamente orientado al mercado; nivel medio de necesidades de insumos de capital; reducido nivel de rendimiento global del hato (en comparación con el industrial); los materiales para piensos obtenidos localmente constituyen del 30% al 50% de la ración.
Cría doméstica	Parcialmente cerrado: sin piso de hormigón o, en el caso de que exista un pavimento, hecho de materiales locales. Techo y soporte hechos de materiales locales (por ejemplo, ladrillos de adobe, paja, madera).	Principalmente de subsistencia u orientado a los mercados locales; nivel de insumos de capital reducido al mínimo; rendimiento del hato menor que en los sistemas comerciales; los piensos contienen como máximo un 20% de piensos comprados no provenientes de lugar; porcentajes elevados de desechos, residuos y piensos obtenidos localmente.

Fuente: Autores.

forestal. En la región de América Latina, el 90% de la expansión de la superficie de soja registrada en el período 1990–2006 tuvo lugar en el Brasil y la Argentina (que representan el 91% del total de la superficie de soja en la región).

Las emisiones debidas a la deforestación asociada a la expansión de los pastizales se cuantificaron sólo para América Latina. Esta simplificación deriva de la observación de que en América Latina y África, durante el período 1990–2006, los pastizales aumentaron considerablemente mientras

la superficie forestal disminuyó. Sin embargo, el pastoreo no parece ser una causa importante de la deforestación en África. En América Latina, la cuantificación de las emisiones se limitó a los cuatro países que representan más del 97% de la superficie regional transformada en pastizales en detrimento de los bosques (esto es, Brasil, Chile, Nicaragua y Paraguay).

Las emisiones de GEI relacionadas con el cambio de uso de la tierra se atribuyeron a los sistemas y regiones que utilizan recursos forrajeros asoci-

CUADRO 4. Resumen de los sistemas de producción de pollos

Sistema	Alojamiento	Características
Pollos de engorde	Se asume que los pollos de engorde son alojados en naves con camas de paja y provisión automática de pienso y agua.	Completamente orientado al mercado; necesidades elevadas de insumos de capital (como infraestructura, edificios y equipos); nivel elevado de productividad global de las aves; piensos comprados no provenientes del lugar o piensos producidos intensivamente en la granja.
Ponedoras	Las ponedoras se alojan en una variedad de sistemas de jaulas, galpones y al aire libre, con suministro automático de piensos y agua.	Completamente orientado al mercado; necesidades elevadas de insumos de capital (como infraestructura, edificios y equipos); nivel elevado de productividad global de las aves; piensos comprados no provenientes del lugar o piensos producidos intensamente en la granja.
Cría doméstica	Construcción sencilla hecha de madera local, bambú, arcilla, hojas y materiales de construcción hechos a mano para los soportes (columnas, vigas, bastidor del techo), más muros de mallas de alambre viejo y chatarra para el techado. Las jaulas, cuando se usan, se construyen con material local o alambres viejos.	Animales que producen carne y huevos para el propietario y el mercado local, y que viven libremente. Se alimentan de desechos y residuos (del 20% al 40%) y de piensos producidos localmente (del 60% al 80%).

Fuente: Autores.

ados a la deforestación. Se utilizaron matrices comerciales para rastrear los flujos internacionales de la soja y la torta de soja, y estimar el porcentaje de productos de la soja provenientes de superficies deforestadas en la ración de los animales. Las emisiones asociadas a la expansión de pastizales en detrimento de las superficies forestales en América Latina se atribuyeron a la producción de carne de vacuno en los países en que se produjo la conversión.

Para mayores explicaciones e información sobre los análisis de sensibilidad véase FAO (2013a) y FAO (2013b).

Cadenas de suministro

El GLEAM incorpora más de 14 000 cadenas de suministro discretas, definidas en este informe como combinaciones únicas de producto básico, sistema de explotación agrícola, país y zona agroecológica. La zona geográfica correspondiente a cada uno de estos conjuntos se descompone ulteriormente en unidades de producción en el GLEAM, esto es, cuadrículas o píxeles, con un

nivel de resolución de 3 Arc minutos, o de aproximadamente 5 kilómetros x 5 kilómetros en la línea ecuatorial.

El modelo diferencia los 11 principales productos básicos pecuarios: carne y leche de vacunos, ovinos, caprinos y búfalos; carne de cerdo, carne de pollo y huevos de gallina. La producción de rumiantes se ha diferenciado en sistemas mixtos y de pastoreo; la producción porcina, en cría doméstica, sistemas intermedios e industriales; y la de pollos, en cría doméstica, producción de gallinas ponedoras y producción de pollos de engorde (Cuadros 2, 3 y 4).

Asignación

Cuando no se pueden establecer o utilizar únicamente relaciones físicas como base para diferenciar los flujos de emisiones, estas últimas se debe asignar de manera que reflejen otras relaciones fundamentales. El enfoque utilizado con mayor frecuencia es la asignación económica que, en el contexto de productos producidos conjuntamente, asigna emisiones a cada producto con arreglo



©FAO/Ami Vitale

a su participación en el valor económico total del producto. También se pueden utilizar otros parámetros, como el peso o el contenido de proteína (Cederberg y Stadig, 2003). A continuación se resumen las técnicas de asignación utilizadas en esta evaluación para distribuir las emisiones a los productos y servicios:

- Entre los productos comestibles (por ejemplo, carne y huevos, carne de vacuno y leche), la asignación se basa en el contenido de proteína.
- Entre los productos comestibles y no comestibles (por ejemplo, leche, carne y fibra), la asignación se basa en el valor económico de los productos.
- No se asignan emisiones a los subproductos de matadero (por ejemplo, despojos, pieles y sangre), dado que el uso de subproductos y su valor están sujetos a una elevada variabilidad espacial y temporal y están poco documentado a escala global. Las publicaciones FAO (2013a) y (2013b) examinan el impacto de la asignación de emisiones a los subproductos de matadero.
- Para el estiércol, la asignación se basa en la subdivisión de los procesos de producción:
 - las emisiones provenientes del almacenamiento del estiércol se asignan completamente al sector ganadero;
 - las emisiones provenientes del estiércol aplicado a los cultivos forrajeros y depositado sobre los pastizales se atribuyen al sector ganadero y se asignan a los materiales para piensos basándose en la masa cosechada y el valor económico correspondiente;
 - las emisiones provenientes del estiércol no aplicado a los cultivos forrajeros o los pastizales no se consideran parte del sector ganadero y, por tanto, no se asignan a productos básicos pecuarios.
- En lo que se refiere a los servicios (por ejemplo, tracción animal), la asignación se basa en

las necesidades de energía brutas del tiempo de vida extra para fuerza de trabajo y las emisiones se deducen de las emisiones totales del ganado.

- No se asignan emisiones a la función de capital del ganado.

Datos

El GLEAM utiliza datos georeferenciados para calcular las emisiones generadas por el sector pecuario. Los datos sobre las prácticas de producción y la productividad se recopilaron a diferentes niveles de agregación, a saber, sistema de producción, nivel nacional, zonas agroecológicas o una combinación de ellas (por ejemplo, la información sobre el almacenamiento del estiércol en los países en desarrollo se obtuvo para una combinación de sistemas de producción y zonas agroecológicas). Los datos adicionales, como poblaciones ganaderas, pastizales y disponibilidad de alimentos para animales, estaban disponibles en forma de rejillas del SIG (capas reticuladas). El SIG puede almacenar los datos observados para lugares específicos y puede modelizar la nueva información proveniente de estos datos, así como calcular resúmenes regionales como superficies totales y emisiones, entre otros. Por consiguiente, el uso del SIG permite incorporar la heterogeneidad espacial en el proceso de modelización. De esta forma, es posible estimar las emisiones relativas a cualquier lugar del mundo, usando la información más precisa disponible a esta escala de análisis, y luego agregarlas a lo largo de la categoría deseada, como sistemas de explotación, grupo de países, productos básicos y especies de animales. Por tanto, se pueden generar intensidades de emisión medias a varias escalas, desde las unidades de producción en el GLEAM hasta el nivel global.

La recopilación de datos supuso una investigación intensiva de base de datos, fuentes bibliográficas, opiniones de expertos y el acceso a paquetes de inventarios del ciclo de vida disponibles pública y comercialmente, como Ecoinvent. Cuando no se pudieron obtener datos, se hicieron suposi-

ciones. Las fuentes principales de datos del estudio fueron:

- *Gridded Livestock of the World* (FAO, 2007).
- Informes sobre los inventarios nacionales de los países incluidos en el Anexo I (CMNUCC, 2009a).
- Comunicaciones nacionales de los países no incluidos en el Anexo I (CMNUCC, 2009b).
- Bases de datos georeferenciadas sobre la disponibilidad de piensos del Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (You *et al.*, 2010).
- Datos satelitales sobre la producción primaria bruta
- Datos sobre inventarios del ciclo de vida del Instituto Sueco de Alimentación y Biotecnología (Flysjö *et al.*, 2008), y la Universidad de Wageningen, Países Bajos (I. de Boer, comunicación personal).
- Informes del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GICAI).
- Estadísticas de la FAO (FAOSTAT, 2009).
- Revistas especializadas revisadas por expertos.

Análisis de incertidumbre

Para una evaluación global de este tipo, se tienen que hacer simplificaciones, suposiciones y elecciones metodológicas que introducen un grado de incertidumbre en los resultados. Como se resume más adelante, se realizaron diversos análisis de sensibilidad de elementos específicos del GLEAM con objeto de entender los efectos de estas elecciones.

En esta evaluación, las emisiones derivadas de un cambio de uso de la tierra se calcularon utilizando las recomendaciones del IPCC (IPCC, 2006). Se ensayaron tres métodos alternativos para dar cuenta de las incertidumbres metodológicas y evaluar el impacto de las recientes reducciones de las tasas de deforestación en América Latina y el Caribe (cf. sección 4.6).

También se realizó una análisis de sensibilidad parcial de los resultados finales. El análisis se llevó a cabo para determinados países y sistemas de producción y se centró en los parámetros que tenían

mayores probabilidades de influir de manera significativa en las intensidades de emisión, y que se pensaba que tenían un alto grado de incertidumbre o variabilidad inherente. El análisis realizado para pocos países y sistemas puso de manifiesto que el intervalo de confianza del 95% para los rumiantes es de alrededor de +/- 50%, mientras que se sitúa entre +/- 20% y 30% en el caso de los animales monogástricos. Los mayores niveles de incertidumbre asociados a las estimaciones relativas a los rumiantes se relacionan con la variabilidad de los parámetros del hato y las emisiones derivadas del cambio de uso de la tierra.

Validación

Existe un número creciente de estudios locales y regionales de ECB con los que se pueden comparar los resultados del presente estudio, aunque algunos sistemas y regiones todavía no se han cubierto. Sin embargo, la comparación no es clara porque diferentes estudios utilizan diferentes metodologías. En particular, los resultados deben corregirse para dar cuenta de las diferencias de alcance (esto es, los límites sistémicos utilizados y las fuentes de emisiones específicas incluidas) y las unidades funcionales antes de que se puedan comparar.

Los resultados de esta evaluación se compararon con más de 50 otros estudios de ECB relacionados con las emisiones de GEI en la ganadería. La mayoría de las discrepancias se pueden explicar por los diferentes enfoques utilizados y por los supuestos asumidos con respecto a la composición de los piensos, el peso de los animales, las emisiones debidas a un cambio de uso de la tierra, las prácticas de manejo del estiércol y las normas para asignar las emisiones a coproductos. No obstante estas diferencias, se constató que los resultados de esta evaluación se mantenían generalmente dentro del rango de los resultados de la literatura.

2.3 MODELIZACIÓN DEL POTENCIAL DE RETENCIÓN DE CARBONO EN LOS PASTIZALES

El potencial de retención de carbono de las diferentes estrategias de gestión de los pastizales del

mundo no se estimó en el marco del GLEAM, sino utilizando los modelos de ecosistemas Century y Daycent: modelos de ecosistemas de pastizales especializados.

Los modelos de ecosistema Century y Daycent

El modelo Century simula las dinámicas del carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) en las plantas y suelos (Parton *et al.*, 1987) y, desde su elaboración en el decenio de 1980, se ha validado con respecto a las observaciones de la producción y las reservas de carbono en el suelo (y las variaciones de estas) en una variedad de ecosistemas de tierras de pastoreo. El modelo Century se utilizó para evaluar el potencial de retención de carbono para el manejo mejorado del pastoreo. El modelo Daycent (Parton *et al.* 1998) es la versión diaria del modelo de ecosistema Century, y se utilizó para evaluar el potencial de retención de carbono en el suelo y los flujos de N₂O relacionados con las actividades de siembra de leguminosas y fertilización de pastizales. El modelo Daycent es más adecuado para representar los flujos de N₂O de diferentes ecosistemas.

Evaluación de la retención de carbono en el suelo

Los dos modelos de ecosistema Century y Daycent se ejecutaron a lo largo de un marco temporal de 20 años, para evaluar los escenarios indicados a continuación.

- 1. Escenario de referencia:** Para representar las condiciones de referencia o actuales del pastoreo, los modelos Century y Daycent se ejecutaron utilizando datos sobre las observaciones climáticas y estimaciones de las tasas de consumo de forraje por parte de los rumiantes. Estas tasas, que son uno de los principales factores de gestión en los modelos Century y Daycent, se basaron en la relación entre los niveles de consumo anual de forraje basto por los rumiantes en el modelo GLEAM y la producción anual de forraje (o la productividad primaria neta por encima del nivel del suelo), derivada de los modelos Century y Daycent.

2. Escenario de pastoreo mejorado: En comparación con el escenario de referencia, las tasas de consumo de forraje se ajustaron hacia arriba o hacia abajo para maximizar la producción de forraje anual. Al igual que en el escenario de referencia, estos niveles de consumo se basaron en los niveles de consumo espacialmente referenciados de forraje basto por parte de los rumiantes en el modelo GLEAM. El escenario de pastoreo mejorado se aplicó a todos los pastizales del mundo en que están presentes rumiantes de pastoreo domesticados.

3. Escenario de siembra de leguminosas: El potencial de mitigación de la siembra de leguminosas se evaluó mediante la estimación de la retención de carbono en el suelo, menos los aumentos de las emisiones de N_2O provenientes de las leguminosas. Esta práctica no se aplicó más que a las zonas de pastizales relativamente húmedas (por ejemplo, pastos méxicos) que no quedan comprendidas en los biomas de vegetación nativa que abarcan los terrenos de pasto del mundo. Se supuso que las leguminosas se sembraban sobre vegetación herbácea para lograr una cubierta del 20% aproximadamente, y que perduraban a lo largo de la simulación sin necesidad de resiembra o insumos adicionales.

4. Escenario de fertilización: También se evaluó el potencial de mitigación de la fertilización de los pastizales mediante la estimación de la retención de carbono en los pastizales, menos los aumentos netos de las emisiones de N_2O . La fertilización no se aplicó más que a las superficies de pastos méxicos que no quedan comprendidas en los biomas de vegetación nativa que abarcan los terrenos de pasto del mundo. Se supuso que el fertilizante nitrogenado se añadía como nitrato amónico, con dosis que variaban de 0 a 140 kilogramos de nitrógeno por hectárea⁻¹ en incrementos de 20 kilogramos de nitrógeno por hectárea⁻¹.

Todos los escenarios de gestión se evaluaron durante un período de 20 años utilizando datos

meteorológicos del período 1987-2006, en el supuesto de que las variaciones ocasionadas por el cambio climático en los flujos de GEI durante el siguiente decenio sean moderadas en comparación con los efectos de la gestión. Aunque una divergencia entre las condiciones meteorológicas pasadas y futuras reduciría la precisión de este enfoque, los resultados del modelo son sólidos en el sentido de que se basan en cambios ajustados a la realidad de las tasas de consumo y en un conjunto de observaciones meteorológicas reales.

De los tres escenarios de mitigación, sólo se consideró que los relativos a la mejora del pastoreo y la siembra de legumbres tenían potencialidades de mitigación netas positivas a nivel global. En cuanto al escenario de fertilización, se estimó que las emisiones adicionales de N_2O provenientes de fertilizante nitrogenado compensaban todos los aumentos conexos en las reservas de carbono en el suelo.

Datos sobre la superficie de pastizales

La ejecución del modelo Century se realizó con una resolución de 0,5 grados, de acuerdo con los datos disponibles sobre el clima. Para corregir los resultados en función de la superficie, se trazó un mapa para ajustar estos resultados a fin de hacerlos coincidir con la superficie real de pastizales en cada píxel. En la primera fase, los datos sobre la cubierta terrestre de los terrenos boscosos y de pastizales provenientes del conjunto de datos de las Zonas agroecológicas mundiales (ZAEM) producidos por la FAO y el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) se utilizaron para determinar la extensión espacial máxima de los pastizales del mundo.⁷ En la segunda fase, esta capa espacial global de las ZAEM se ajustó para hacerla coincidir con la superficie promedio de pastizales y praderas permanentes presentada en FAOSTAT en el año 2005.⁸ La superficie total de pastizales resultante tras este procedimiento fue de alrededor de 3 000 millo-

⁷ <http://gaez.fao.org/Main>

⁸ <http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx>

nes de hectáreas. A continuación, se procedió a distribuir esta superficie global de pastizales en terrenos de pasto y terrenos diferentes a los pastos (por ejemplo, pastos méxicos). Para ello, los terrenos de pasto se definieron como todas las superficies de tierras de pastoreo que recaen dentro de los biomas nativos de pastizales, montes bajos

y sabanas en una base de datos de biomas establecida en el marco del desarrollo de un modelo de intercomparación global. (Cramer *et al.*, 1999). Las superficies restantes de pastizales abarcan las superficies de pastos méxicos en las que se aplicaron los escenarios de siembra de leguminosas y la fertilización.