

# ENFRENTANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DE LA GANADERÍA

UNA EVALUACIÓN GLOBAL DE LAS EMISIONES Y  
OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN



# ENFRENTANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DE LA GANADERÍA

UNA EVALUACIÓN GLOBAL DE LAS EMISIONES Y  
OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN

---

### **Cita recomendada**

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.

### **Créditos de las fotos**

*Cubierta y página 17:* @SIE-Masterfile

*Página 1:* @FAO/Giulio Napolitano

*Página 5:* @FAO/Noah Seelam

*Página 23:* @FAO/Giulio Napolitano, Vasily Maximov, Jim Holmes, Florita Botts, Tariq Tinazay

*Página 45:* @iStockphoto.com/Kickers

*Página 59:* @FAO/Ishara Kodikara

*Página 83:* @International Telecommunication Union

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

E-ISBN 978-92-5-307921-6 (PDF)

© FAO 2013

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, imprimir y descargar el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO aprueba los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) o a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

# Índice

<i>Prefacio</i>	<i>ix</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>xi</i>
<i>Panorama general</i>	<i>xii</i>
<i>Lista de siglas</i>	<i>xvi</i>
<i>Glosario</i>	<i>xvii</i>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<hr/>	
<b>2. Métodos</b>	<b>5</b>
<hr/>	
2.1 Introducción	
2.2 El Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM)	6
2.3 Modelización del potencial de retención de carbono en los pastizales	13
<b>3. La situación global</b>	<b>17</b>
<hr/>	
3.1 Emisiones totales	17
3.2 Emisiones por especies y productos básicos	17
3.3 Fuentes principales de emisión	21
3.4 Emisiones por regiones	24
<b>4. Emisiones por especies</b>	<b>27</b>
<hr/>	
4.1 Ganado vacuno	27
4.2 Búfalos	31
4.3 Pequeños rumiantes (ovejas y cabras)	35
4.4 Cerdos	37
4.5 Pollos	41
4.6 Observaciones intersectoriales	44
<b>5. Margen para la mitigación</b>	<b>51</b>
<hr/>	
5.1 Potencial de mitigación	51
5.2 Retención de carbono	58
5.3 Potencial por principales zonas geográficas	63

---

<b>6. La mitigación en la práctica: estudios de caso</b>	<b>65</b>
6.1 Producción del ganado lechero en Asia Meridional	67
6.2 Producción porcina intensiva en Asia oriental y sudoriental	69
6.3 producción de carne de vacuno especializada en América del Sur	71
6.4 Producción de pequeños rumiantes en África Occidental	78
6.5 Producción lechera en los países de la OCDE	84
6.6 Potencial para incrementos de productividad	86
<b>7. Implicaciones para la formulación de políticas</b>	<b>91</b>
7.1 Breve descripción de los enfoques normativos en materia de mitigación	92
7.2 Orientación de las políticas de mitigación	93
7.3 principales estrategias de mitigación y necesidades de políticas	94
7.4. Marcos normativos existentes para la mitigación de las emisiones a través del ganado	102
7.5 Conclusiones	110
APÉNDICE	
<b>Información complementaria sobre métodos</b>	<b>115</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>123</b>

---

## CUADROS

---

1. Fuentes de emisiones de GEI consideradas en esta evaluación	8
2. Resumen de los sistemas de producción de rumiantes	9
3. Resumen de los sistemas de producción porcina	9
4. Resumen de los sistemas de producción de pollos	10
5. Producción, emisiones e intensidad de emisiones globales para la leche y la carne de vacuno	28
6. Producción, emisiones e intensidad de emisiones globales para la leche y la carne de búfalo	34
7. Producción, emisiones e intensidad de emisión globales para los pequeños rumiantes	36
8. Producción, emisiones e intensidad de emisión globales para cerdos	40
9. Producción, emisiones e intensidad de emisión globales para pollos	43
10. Estimaciones del potencial de reducción de las emisiones basadas en el análisis de la diferencia entre las intensidades de emisión	57
11. Estimaciones de la mitigación calculadas para los sistemas mixtos de vacunos lecheros en Asia meridional	68
12. Estimaciones de la mitigación calculadas para la producción intermedia e industrial de cerdos en Asia oriental y sudoriental	71
13. Estimaciones de la mitigación calculadas para la producción de carne de vacuno especializada en América del Sur	75
14. Estimaciones de la mitigación calculadas para el sector de los pequeños rumiantes en África occidental	79
15. Estimaciones de la mitigación calculadas para los sistemas mixtos lecheros en los países de la OCDE	86
16. Efecto del mantenimiento constante el número de animales en los volúmenes de producción y emisión estimados en los cuatro estudios de caso	87

## RECUADROS

---

1. Principales trayectorias de emisión	18
2. Examen de las técnicas y prácticas disponibles para mitigar las emisiones de gases distintos al CO <sub>2</sub>	54
3. Estimación del potencial de mitigación mediante el análisis de las diferencias en las intensidades de emisión	58
4. Principales estrategias de reducción de las emisiones	92
5. Medidas de mitigación apropiadas para cada país correspondientes a Brasil y progresos realizados en su sector pecuario	106

## GRÁFICOS

---

1.	Panorama general de los módulos del GLEAM y flujos de cálculos	6
2.	Estimaciones globales de las emisiones por especies	20
3.	Intensidades de emisión por producto	20
4.	Emisiones globales de las cadenas de suministro ganadero por categoría de emisiones	21
5.	Emisiones de GEI de las cadenas de suministro ganadero, por actividades de producción y productos	22
6.	Producción ganadera mundial y emisiones de GEI provenientes de la ganadería, por producto y regiones	24
7.	Emisiones globales de las cadenas de suministro de leche y carne de vacuno, por categoría de emisiones	28
8.	Variación regional de la producción de carne de vacuno e intensidades de emisión de GEI	29
9.	Variación regional de la producción de leche de vacuno e intensidades de emisión de GEI	30
10.	Flujos globales de emisiones en las cadenas de suministro ganadero	32
11.	Emisiones globales de las cadenas de suministro de leche y carne de búfalo, por categoría de emisiones	34
12.	Variación regional de la producción de leche de búfala e intensidades de emisión de GEI	35
13.	Variación regional de la producción de carne de búfalo e intensidades de emisión de GEI	36
14.	Emisiones globales de las cadenas de suministro de leche y carne de pequeños rumiantes, por categoría de emisiones	37
15.	Variación regional de la producción de leche de pequeños rumiantes e intensidades de emisión de GEI	38
16.	Variación regional de la producción de carne de pequeños rumiantes e intensidades de emisión de GEI	39
17.	Emisiones por kilogramo de proteína cárnica y de leche de los pequeños rumiantes, con y sin asignación de emisiones a productos no comestibles	40
18.	Emisiones globales de las cadenas de suministro de cerdos, por categoría de emisiones	41

19.	Variación regional de la producción porcina e intensidades de emisión de GEI	42
20.	Emisiones globales de las cadenas de suministro de carne de pollo y huevos de gallina, por categoría de emisiones	43
21.	Variación regional de la producción de carne de pollo e intensidades de emisión de GEI	44
22.	Variación regional de la producción de huevos de gallina e intensidades de emisión de GEI	45
23.	Relación entre productividad e intensidad de emisión de la leche (promedios nacionales)	48
24.	Intensidad de emisiones globales de las cadenas de suministro de cerdos, por principales sistemas de producción	49
25.	Ejemplo de diferencias de intensidades de emisión - distribución de unidades de producción de pollos de engorde en el GLEAM según sus intensidades de emisión en zonas templadas de Asia oriental y sudoriental	52
26.	Ejemplo de diferencias de intensidades de emisión – distribución de unidades de producción de ganado lechero en el GLEAM según sus intensidades de emisión en sistemas mixtos en zonas templadas de Europa occidental	53
27A.	Intensidad de emisión por unidad de proteína comestible	60
27B.	Intensidad de emisión por unidad de superficie terrestre	61
27C.	Intensidad de emisión por unidad de población humana	62
28.	Interacciones entre tendencias en producción ganadera, emisiones de GEI y esfuerzos de mitigación	112

# Prefacio

Es fácil presentar una imagen dramática del mundo actual. El cambio climático, el desafío ambiental más serio que la humanidad tiene ante sí, está amenazando el bienestar de la próxima generación. La globalización ha ocasionado rápidos cambios económicos, sociales y tecnológicos que han dejado a muchos rezagados. El hambre sigue siendo un problema persistente que afecta a más de 900 millones de seres humanos en todo el mundo. Frente a estas cuestiones, a veces nos sentimos abrumados por su magnitud e impotentes.

Pero no debemos perder la esperanza. Aplicando políticas adecuadas, que apoyen la innovación y la inversión necesarias, los problemas complejos se pueden afrontar y revertir en beneficio de muchos.

Es sabido desde hace años que las cadenas de suministro de productos animales contribuyen significativamente al cambio climático. Este nuevo informe destaca que la reducción significativa de emisiones no es solo posible sino factible. Son necesarias, no obstante, una mayor voluntad política y mejores políticas.

Esta publicación contiene información muy necesaria para el avance hacia el futuro. Basándose en evidencias, describe las emisiones del sector a la vez que presenta los datos desglosados por especies, zonas agroecológicas, regiones geográficas y sistemas de producción. La amplitud de la información proporcionada, así como los dos informes técnicos complementarios<sup>1</sup> a este informe, reflejan la gran diversidad del sector ganadero.

El conocimiento detallado de la magnitud, fuentes y rutas de las emisiones es imprescindible para esclarecer el diálogo político y evitar simplificaciones excesivas, ayudándonos a tomar decisiones correctamente informadas sobre políticas ganaderas de apoyo a la producción sostenible de alimentos, al crecimiento económico y a la reducción de la pobreza.

Este informe identifica opciones para la reducción de emisiones basadas en el potencial de mitigación de diferentes tecnologías. Dicho análisis puede orientar soluciones locales y específicas para cada sistema, al tiempo que los actores sectoriales buscan mejorar la sostenibilidad y viabilidad del sector, así como iniciativas dirigidas al desarrollo de los sistemas pecuarios que favorezcan a los grupos más pobres.

El trabajo de evaluación del impacto ambiental de la producción pecuaria, del que forma parte el presente informe, realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ha suscitado el interés y la colaboración de múltiples socios con el fin de mejorar los datos estadísticos y su estudio. La Alianza sobre la evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería (LEAP) es una iniciativa centrada en el desarrollo consensuado con el sector de directrices y parámetros específicos para la evaluación y seguimiento del desempeño ambiental y ecológico de la ganadería.

---

<sup>1</sup>FAO, 2013. *Greenhouse Gas Emissions from Pig and Chicken Supply Chains — A Global Life Cycle Assessment*.

FAO, 2013. *Greenhouse Gas Emissions from Ruminant Supply Chains — A Global Life Cycle Assessment*.

Los protagonistas del sector son cada vez más conscientes de que la creciente escasez de recursos naturales puede determinar el futuro del sector y han comenzado a abordar el impacto ambiental de sus actividades. Como reflejo de esta situación, la Agenda mundial de acción en apoyo del desarrollo sostenible del sector ganadero tiene como objetivo catalizar y guiar las actividades de los implicados en el sector hacia prácticas que hagan un uso más eficiente de los recursos naturales.

Un mejor conocimiento y la creciente voluntad de actuar han generado un impulso único para hacer frente al cambio climático a través de la ganadería. No podemos desaprovecharlo. El clima y sus efectos ya se pueden sentir en la vida cotidiana de todos. Por ello es urgente y necesaria la acción colectiva.



**Ren Wang**

*Subdirector General*

*Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor*

# Agradecimientos

En el presente informe se presentan los resultados de una evaluación mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de las cadenas de suministro ganadero. El análisis se llevó cabo en la División de Producción y Sanidad Animal (AGA) de la FAO, dirigida por Berhe Tekola, y fue cofinanciado por el Proyecto de Mitigación del Cambio Climático en la Agricultura (MICCA).

Los siguientes miembros del personal de la FAO participaron en la redacción del informe: Pierre Gerber, Henning Steinfeld, Benjamin Henderson, Anne Mottet, Carolyn Opio, Jeroen Dijkman, Alessandra Falcucci y Giuseppe Tempio.

El equipo de investigación estuvo formado por Benjamin Henderson, Michael MacLeod, Anne Mottet, Carolyn Opio, Theun Vellinga (analistas); Klaas Dietze, Alessandra Falcucci, Guya Gianni, Mirella Salvatore, Giuseppe Tempio, Olaf Thieme, Viola Weiler (construcción de modelos y gestión de datos), y Pierre Gerber (líder del equipo).

La realización de los análisis de apoyo estuvo a cargo de los asociados en la investigación, entre ellos la Universidad del Estado de Colorado, la Universidad del Estado de Pennsylvania, la Universidad de Wageningen y el Instituto Sueco de Alimentos y Biotecnología (SIK).

Muchas personas aportaron valiosas observaciones, opiniones e información que enriquecieron el análisis y el informe. En particular, quisiéramos agradecer a nuestros colegas de la FAO, Philippe Ankers, Vincent Gitz, Leslie Lipper, Harinder Makkar, Alexandre Meybeck, Ugo Pica-Ciamarra, Marja-Liisa Tapio-Bistrom, Francesco Tubiello y Xiangjun Yao. El informe también se benefició de las observaciones de examinadores externos de organizaciones no gubernamentales (ONG) y organizaciones gubernamentales y del sector privado, entre otras.

Desearíamos expresar nuestro reconocimiento a Caroline Chaumont por el apoyo en el trabajo editorial, a Simona Capocaccia y Claudia Ciarlantini por el diseño gráfico, a Phil Harris por la edición y a Christine Ellefson por el apoyo en general.

# Panorama general

El cambio climático está transformando los ecosistemas de la tierra y amenazando el bienestar de la generación actual y las futuras. Para “mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de 2 °C” y evitar cambios climáticos “peligrosos”<sup>1</sup>, se requieren con urgencia recortes sustanciales de las emisiones mundiales.

El sector ganadero mundial contribuye con una parte importante de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) antropógenas, pero también puede colaborar de manera importante con los esfuerzos de mitigación necesarios.

Se necesitan con urgencia medidas concertadas y colectivas por parte de todos los interesados del sector para garantizar la aplicación de las estrategias de mitigación existentes y prometedoras. De hecho, la necesidad de reducir las emisiones del sector y su huella ecológica se ha hecho cada vez más apremiante en vista de su continuo aumento para garantizar la seguridad alimentaria y alimentar a una población mundial creciente, más rica y urbanizada.

## LA GANDERÍA: UN FACTOR QUE CONTRIBUYE CONSIDERABLEMENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Con unas emisiones estimadas en 7,1 gigatoneladas (GT) de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) por año, que representan el 14,5% de las emisiones de GEI inducidas por el ser humano, el sector ganadero incide de manera importante en el cambio climático.

La producción de carne y leche de vacuno es responsable de la mayoría de las emisiones, pues contribuye con el 41% y el 29% respectivamente de las emisiones del sector. La carne de cerdo y la carne y los huevos de aves de corral contribuyen con el 9% y el 8% respectivamente de las emisiones del sector. El fuerte crecimiento previsto de esta producción ocasionará con el tiempo un aumento de los porcentajes y volúmenes de emisiones.

La producción y elaboración de piensos y la fermentación entérica debida a los animales rumiantes son las dos fuentes principales de emisiones, responsables respectivamente del 45% y el 39% de las emisiones del sector. El almacenamiento y elaboración del estiércol representa el 10%. La parte restante se atribuye a la elaboración y el transporte de productos pecuarios.

Incluida en la producción de piensos, la expansión de los pastizales y cultivos forrajeros a expensas de los bosques es responsable de aproximadamente el 9% de las emisiones del sector.

Considerando todas las categorías, el consumo de combustible fósil a lo largo de las cadenas de suministro pecuario representa alrededor del 20% de las emisiones del sector.

<sup>1</sup> Acuerdo de Copenhague, 2009. COP 15.

## REDUCCIONES IMPORTANTES DE LAS EMISIONES A NUESTRO ALCANCE

Existen prácticas y tecnologías que pueden ayudar a reducir las emisiones, pero no están muy difundidas. Su adopción y aplicación por parte de la mayoría de los productores del mundo puede reducir considerablemente las emisiones.

La intensidad de las emisiones (emisiones por unidad de producto animal) varía considerablemente entre unidades de producción, inclusive en sistemas de producción similares. Esta variabilidad se explica por las diferencias en cuanto a prácticas de explotación y a la gestión de las cadenas de suministro. En esta diferencia entre las unidades de producción con la menor intensidad de emisiones y aquellas con la mayor intensidad de emisiones se encuentra un importante potencial para la mitigación.

Por ejemplo, sería posible reducir en un 30% las emisiones de GEI si los productores de un determinado sistema de producción, región y clima adoptaran las tecnologías y prácticas utilizadas actualmente por el 10% de los productores con la menor intensidad de emisiones.

## LAS PRÁCTICAS EFICACES SON CLAVE PARA REDUCIR LAS EMISIONES

Existe una relación directa entre las intensidades de emisión de GEI y la eficacia con que los productores utilizan los recursos naturales. Para los sistemas de producción pecuarios, las emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ), metano ( $CH_4$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), los tres principales GEI emitidos por el sector, son pérdidas de nitrógeno (N), energía y materia orgánica que merman la eficacia y productividad.

De ahí que las posibles intervenciones para reducir las emisiones se basen, en gran medida, en tecnologías y prácticas que mejoran la eficacia de la producción a nivel de los animales y el hato. Entre estas figuran el uso de piensos de mejor calidad y el balanceo de los piensos en la dieta para reducir las emisiones entéricas y del estiércol. La mejora de la selección y la sanidad animal ayudan a reducir el la sobrecarga del hato (esto es, la parte improductiva del hato) y las emisiones correspondientes.

Las prácticas de manejo del estiércol que aseguran la recuperación y el reciclaje de los elementos nutritivos y la energía contenidos en el estiércol, y las mejoras de la eficacia en el uso la energía a lo largo de las cadenas de suministro también pueden contribuir a la mitigación. Otra opción es la búsqueda de fuentes de abastecimiento de insumos de baja intensidad de emisión (piensos y energía, en especial).

## OTRAS PRÁCTICAS CON UN POTENCIAL DE MITIGACIÓN PROMETEDOR

La retención del carbono en los pastizales puede contrarrestar considerablemente las emisiones, con estimaciones globales de alrededor de 0,6 gigatoneladas de  $CO_2$ -eq por año. Sin embargo, antes de poder aplicar esta práctica, se necesitan métodos costeables para cuantificar la retención, así como una mejor comprensión de las necesidades institucionales y la viabilidad económica de esta opción.

Una variedad de tecnologías prometedoras, como aditivos alimentarios, vacunas y métodos de selección genética, ofrecen grandes posibilidades de reducir las emisiones, pero requieren una ulterior mejora y plazos más largos para transformarse en opciones de mitigación viables.

## **INTERVENCIONES DE MITIGACIÓN PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO**

La mayoría de las intervenciones de mitigación pueden producir beneficios ambientales y económicos. A menudo, las prácticas y tecnologías que reducen las emisiones también pueden aumentar la productividad y, de este modo, contribuir a la seguridad alimentaria y el desarrollo económico.

### **POTENCIAL DE MITIGACIÓN GENERAL**

Es posible reducir de manera considerable las emisiones en todas las especies, sistemas y regiones. Las soluciones de mitigación variarán en todo el sector, así como las fuentes, intensidades y niveles de emisión varían entre especies, sistemas de producción y regiones, pero el potencial de mitigación se puede materializar en el marco de los sistemas existentes; esto implica que es posible lograr el potencial como consecuencia de la mejora de las prácticas, y no de un cambio de sistema de producción (esto es, pasar del sistema de pastoreo al mixto o del doméstico al industrial).

El potencial de mitigación más importante se encuentra en los sistemas de producción de rumiantes que tienen una baja productividad (por ejemplo, en Asia meridional, América Latina y el Caribe, y África). Parte del potencial de mitigación se puede lograr mediante prácticas relacionadas con la mejora de la alimentación, la sanidad animal y el manejo del hato.

En las regiones más prósperas, donde las intensidades de emisión de la producción de rumiantes son relativamente bajas, pero el volumen de producción y las emisiones siguen siendo elevados, pequeñas reducciones en la intensidad de las emisiones pueden dar lugar, sin embargo, a apreciables reducciones en las emisiones (por ejemplo, la producción lechera en Europa y América del Norte). En estas zonas en que la eficacia de los animales y el hato es elevada, se puede lograr la mitigación mediante mejoras en otras operaciones agrícolas, como el manejo del estiércol, el uso de energía y el abastecimiento de piensos con menor intensidad de emisión.

También se podrían lograr considerables reducciones en los sistemas intermedios de producción de cerdos y aves de corral, en especial en Asia oriental y sudoriental, que dependen de insumos comprados de alta intensidad de emisión, pero que no funcionan con niveles elevados de eficacia.

### **ESTABLECER ENTORNOS PROPICIOS ES CRUCIAL PARA HACER REALIDAD EL POTENCIAL DE MITIGACIÓN**

Para cumplir el potencial de mitigación del sector se necesitan políticas de apoyo, marcos institucionales y de incentivos adecuados, y una gobernanza más proactiva.

La sensibilización y extensión son primeros pasos importantes hacia la adopción de mejores tecnologías y prácticas. Requieren inversiones en actividades de comunicación, granjas demostrativas, escuelas de campo para agricultores, redes de agricultores y programas de capacitación. Las organizaciones del sector puede desempeñar una papel importante en la sensibilización de los productores y en la divulgación de las mejores prácticas y las experiencias de mitigación positivas.

Aunque muchas de las prácticas de mitigación probablemente sean rentables a plazo medio, las políticas del sector público deben garantizar que los agricultores puedan hacer frente a la inversión y los posibles riesgos iniciales. Esto es particularmente importante

en los países menos prósperos, en los que el acceso limitado al crédito y las estrategias adversas al riesgo impedirán la aceptación de nuevas opciones que requieran inversiones iniciales. Los programas de microfinanzas pueden ser un medio eficaz para contribuir a la adopción de nuevas tecnologías y prácticas por parte de los pequeños agricultores. Cuando la adopción de tecnologías y prácticas sea costosa para los agricultores a corto o medio plazo, pero produzca amplios beneficios públicos para la mitigación, se ha de considerar la posibilidad de ofrecer subvenciones para reducir las emisiones.

Las políticas de los sectores público y privado también tienen un papel muy importante que desempeñar en el apoyo a las actividades de investigación y desarrollo para mejorar la aplicabilidad y asequibilidad de las tecnologías y prácticas existentes, y ofrecer soluciones nuevas para la mitigación. Además, habría que realizar importantes investigaciones adicionales para evaluar más a fondo los costos y beneficios de las opciones de mitigación en la práctica.

Las estrategias de mitigación basadas en la eficacia no siempre lograrán reducir las emisiones, especialmente cuando la producción aumenta rápidamente. Aunque teniendo en cuenta las cuestiones relativas al desarrollo rural y la seguridad alimentaria, puede que sea necesario adoptar medidas complementarias para limitar las emisiones totales. Además, se han de establecer medidas preventivas para evitar posibles efectos secundarios negativos de los aumentos de la eficacia, como enfermedades animales, insuficiente bienestar y contaminación de suelos y agua.

Se han de desplegar esfuerzos internacionales para garantizar que los compromisos de mitigación, contraídos dentro y fuera de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMNUCC), se fortalezcan a fin de ofrecer mayores incentivos para mitigar las emisiones del sector ganadero y garantizar que los esfuerzos se repartan equitativamente a través de los diferentes sectores de la economía.

En los países menos prósperos, donde el potencial de mitigación es importante, es crucial establecer estrategias de desarrollo del sector que satisfagan tanto los objetivos de mitigación como los del desarrollo. Estas estrategias pueden condicionar la adopción de prácticas de mitigación.

## **NECESIDAD DE MEDIDAS COLECTIVAS, CONCERTADAS Y GLOBALES**

En los últimos años se han observado iniciativas interesantes y prometedoras emprendidas por los sectores público y privado para encarar las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad. Es necesario que las diversas partes interesadas adopten medidas complementarias para diseñar y aplicar estrategias de mitigación equitativas y eficaces en función de los costos, y establecer las políticas de apoyo y los marcos institucionales necesarios.

Sólo con la participación de todas las partes interesadas del sector (sectores público y privado, organizaciones académicas y de investigación de la sociedad civil y organizaciones internacionales) se podrán concebir soluciones que tengan en cuenta la diversidad y complejidad del sector. El cambio climático es una cuestión mundial y las cadenas de suministro ganadero están cada vez más conectadas a nivel internacional. Para ser eficaces y justas, las medidas de mitigación también deben ser globales.

# Lista de siglas

<b>AGGP</b>	Programa sobre Gases Agrícolas de Efecto Invernadero
<b>CCX</b>	Bolsa del Clima de Chicago
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>ECB</b>	Evaluación del ciclo biológico
<b>EPA</b>	Escenario de políticas alternativas
<b>ESV</b>	Escenario sin variaciones respecto de la situación actual
<b>FIL</b>	Federación Internacional de Lechería
<b>GCIAI</b>	Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional
<b>GEI</b>	Gas de efecto invernadero
<b>GLEAM</b>	Modelo de contabilidad ambiental para la ganadería mundial
<b>GMI</b>	Iniciativa Global de Metano
<b>GRA</b>	Alianza Global de Investigación sobre gases agrícolas de efecto invernadero
<b>HFC</b>	Hidrofluorocarburo
<b>IEA</b>	Agencia Internacional de Energía
<b>IFPRI</b>	Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias
<b>IIASA</b>	Instituto internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
<b>LEAP</b>	Alianza sobre evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería
<b>LNGP</b>	Leche con contenido normalizado de materia grasa y proteína
<b>MDL</b>	Mecanismo para un desarrollo limpio
<b>MICCA</b>	Proyecto de Mitigación del Cambio climático en la Agricultura
<b>MS</b>	Materia seca
<b>MMAP</b>	Medidas de mitigación apropiadas para cada país
<b>NASA</b>	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<b>REDD</b>	Programa de Reducción de la emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques
<b>SAI</b>	Iniciativa para una Agricultura Sostenible
<b>SIK</b>	Instituto Sueco de Alimentación y Biotecnología
<b>TNC</b>	The Nature Conservancy
<b>VCS</b>	Estándar de Carbono Verificado
<b>WRI</b>	Instituto de Recursos Mundiales
<b>ZAE</b>	Zona agroecológica
<b>ZAEM</b>	Zona agroecológica mundial

# Glosario

<b>Anaerobio</b>	En ausencia de oxígeno, es decir, estado propicio para que el carbono orgánico se convierta en metano ( $\text{CH}_4$ ) y no en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).
<b>Balanceo de piensos</b>	Seleccionar y mezclar materiales para piensos (por ejemplo, forrajes, concentrados y vitaminas, entre otros) que no contengan componentes nocivos para producir una dieta que se ajuste a las necesidades de nutrientes de los animales según su estado fisiológico y potencial de producción (FAO, 2013d)
<b>Cabaña lechera</b>	A efectos de esta evaluación, incluye a todos los animales de un hato productor de leche, esto es, animales para leche, animales de reposición y excedentes de terneros sometidos a engorde para la producción de carne.
<b>Cohorte</b>	Clase de animales de un hato o rebaño definidos por su edad, sexo y función (por ejemplo hembras adultas, hembras de reposición, machos para engorde).
<b>Coproducto</b>	Producto de una actividad de producción que genera más de un producto (por ejemplo, la leche, la carne, el estiércol y las pieles figuran entre los coproductos de la producción lechera). En el término no se incluyen los servicios que también se puedan prestar (por ejemplo, tracción animal).
<b>Digestibilidad del pienso</b>	Determina la cantidad relativa de piensos ingerida que un animal absorbe realmente y, por tanto, la disponibilidad de energía o nutrientes aportados por el pienso para el crecimiento, la reproducción, etc.
<b>Digestores anaerobios</b>	Equipo en el que se realiza la digestión anaerobia; esto es, el proceso de degradación de los materiales orgánicos por parte de microorganismos en ausencia de oxígeno, en el que se produce $\text{CH}_4$ , $\text{CO}_2$ y otros gases como subproductos.
<b>Edad en la primera parición</b>	Tiempo transcurrido entre el nacimiento y la primera parición; esto es, la edad en la que una novilla se transforma en vaca.

<b>Eficacia en el uso de los recursos naturales</b>	Relación entre el uso de recursos naturales como insumos para las actividades productivas y el producto de tales actividades (por ejemplo, kilogramo de fósforo utilizado por unidad de carne producida, o hectárea de tierra movilizadada por unidad de leche producida).
<b>Elaboración de piensos</b>	Procesos que alteran la naturaleza física (y a veces química) de los piensos para optimizar la utilización por los animales (por ejemplo, mediante el secado, la trituración, la cocción y peletización).
<b>Emisión de CO<sub>2</sub> equivalente</b>	Cantidad de emisión de CO <sub>2</sub> que ocasionaría, durante un horizonte temporal dado, el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo que una mezcla de GEI. Se obtiene multiplicando la emisión de GEI por su potencial de calentamiento mundial (PCM) para un horizonte temporal dado. Las emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente constituyen un parámetro estándar para comparar las emisiones de diferentes GEI. (IPCC, 2007).
<b>Encalado del suelo</b>	Aplicación de cal y otros fertilizantes calcáreos al suelo para eliminar el exceso de acidez.
<b>Energía directa</b>	Energía utilizada en la granja para actividades de producción agropecuaria (por ejemplo, iluminación, calefacción, ordeño y refrigeración).
<b>Energía indirecta</b>	Energía o emisiones producidas durante la fabricación de insumos agrícolas, como fertilizantes o acero.
<b>Factor de conversión del metano</b>	Porcentaje de la capacidad máxima de producción de CH <sub>4</sub> del estiércol que se logra realmente durante el manejo del estiércol; es decir, parte de materia orgánica convertida efectivamente en CH <sub>4</sub> .
<b>Gallinas ponedoras</b>	Pollos criados para la producción de huevos para el consumo humano.
<b>Gas de efecto invernadero</b>	Gas que absorbe y emite radiación en el espectro térmico infrarrojo; este proceso es la causa fundamental del efecto invernadero. Los principales GEI en la atmósfera terrestre son el vapor de agua (H <sub>2</sub> O), el dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), el metano (CH <sub>4</sub> ), el óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) y el ozono (O <sub>3</sub> ).

<b>Huella de carbono</b>	Cantidad total de emisiones de GEI asociada a un producto a lo largo de las cadenas de suministro del mismo; se expresa generalmente en kilogramos o toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO <sub>2</sub> -eq.) por unidad de producto.
<b>Hurgadores</b>	Animales de cría doméstica que se desplazan libremente en busca de fuentes de alimentación (por ejemplo, sobras de comida, insectos).
<b>Índice de conversión de alimentos</b>	Medida de la eficiencia con la cual un animal convierte la alimentación en tejido, expresada normalmente en kilogramo de alimento por kilogramo de producto (por ejemplo, peso vivo, huevos o proteínas).
<b>Intensidad de emisión</b>	Emisiones por unidad producto, expresadas en kilogramos de CO <sub>2</sub> -eq por unidad de producto (por ejemplo kilogramo de CO <sub>2</sub> -eq por kilogramo de huevos).
<b>Leche con contenido normalizado de materia grasa y proteínas (LNGP)</b>	Norma utilizada para comparar la leche con diferentes contenidos de materia grasa y proteínas. Es un medio para evaluar la producción de leche de diferentes razas y animales lecheros sobre una base común. El contenido de materia grasa y proteína de la leche se modifica con arreglo a la norma del 4% de materia grasa y el 3,3% de proteína.
<b>Pollos de engorde</b>	Pollos criados específicamente para el consumo de carne
<b>Potencial de calentamiento mundial (PCM)</b>	Definido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) como un indicador que refleja el efecto relativo de un GEI en término de cambio climático considerando un período de tiempo fijo, como 100 años, en comparación con la misma masa de dióxido de carbono.
<b>Productividad</b>	Cantidad de producto obtenida por unidad de factor de producción. En el presente informe, se utiliza para expresar la cantidad de producto generada por unidad de ganado y de tiempo (por ejemplo, kilogramo de leche por vaca al año).
<b>Residuo agrícola</b>	Materiales de plantación dejados en un terreno agrícola tras la cosecha (por ejemplo, paja o rastrojo).
<b>Sistema de información geográfica (SIG)</b>	Sistema informático que organiza series de dato mediante la referenciación geográfica de todos los datos incluidos en sus colecciones.

<b>Sistemas de producción basados en el pastoreo</b>	Sistemas de producción ganadera en los que más del 10% de la materia seca (MS) con que se alimenta a los animales se produce en la granja, y en los que las tasas medias anuales de densidad del ganado no superan las diez cabezas por hectárea de tierra cultivada (Seré y Steinfeld, 1996).
<b>Sistemas de producción domésticos</b>	Producción principalmente de subsistencia o destinada al mercado local, en la que el rendimiento de los animales es menor que en los sistemas comerciales y su alimentación depende en gran parte de desechos y materiales obtenidos localmente (menos del 20% de concentrados comprados).
<b>Sistemas de producción industriales</b>	Sistemas de producción ganadera a gran escala orientados al mercado, que se basan en alojamientos completamente cerrados, elevadas necesidades de insumos de capital (como infraestructura, edificios y equipo) y compra de piensos no locales o piensos producidos intensivamente en la granja. En los sistemas industriales, el rendimiento general de los hatos es elevado.
<b>Sistemas de producción intermedios</b>	Sistemas de producción ganadera orientados al mercado que se basa en alojamientos parcialmente cerrados, un nivel medio de necesidades de insumos de capital, y materiales para piensos de procedencia local para el 30% al 50% de la ración. Los sistemas intermedios tienen niveles reducidos de rendimiento en comparación con los sistemas industriales.
<b>Sistemas de producción mixtos</b>	Sistemas de producción agropecuaria en que más del 10% de la materia seca (MS) con que se alimenta al ganado proviene de subproductos agrícolas o rastrojos, o más del 10% del valor de la producción proviene de actividades agrícolas no ganaderas (Seré y Steinfeld, 1996).
<b>Sobrecarga de reproducción</b>	Animales dedicados a la reproducción y no a producción; esto es, animales necesarios para mantener el tamaño del hato o rebaño.
<b>Subproducto</b>	Material producido durante la elaboración (incluido el sacrificio) de un producto pecuario o agrícola que no es el objetivo principal de la actividad productiva (por ejemplo, tortas oleaginosas, salvado, despojos y pieles de animales)
<b>Tasa de consumo de forraje</b>	Proporción de vegetación superficial de los pastizales consumida por el ganado (apacentada o cosechada).

---

<b>Tasa de reposición</b>	Porcentaje de animales adultos del hato reemplazados por otros más jóvenes.
<b>Tratamiento con urea</b>	Aplicación de urea a los forrajes en condiciones herméticas. El amoníaco se forma a partir de la urea y las condiciones alcalinas que comprometen la conformación de la pared celular y mejoran la ingestión y digestibilidad de los forrajes o residuos agrícolas de mala calidad.

---

## 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 °C<sup>3</sup>. 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.

<sup>3</sup> 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.

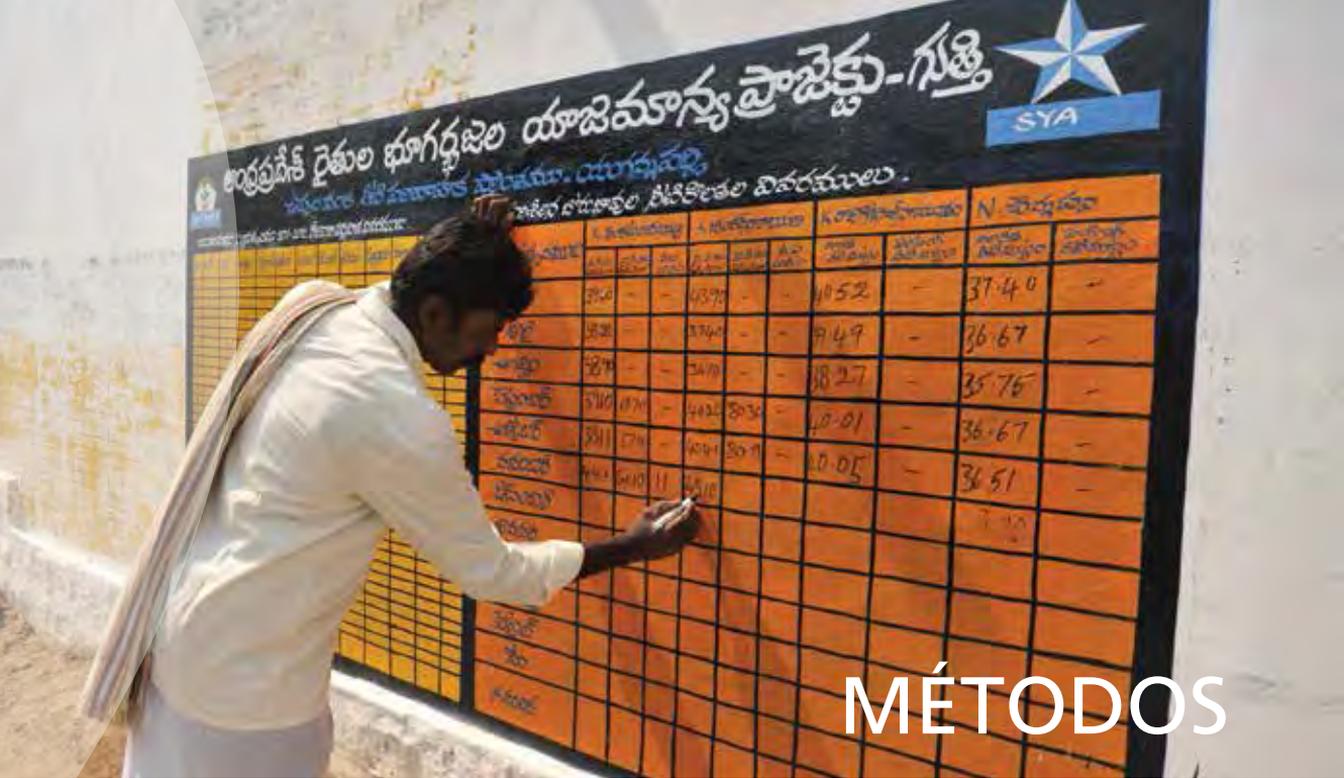
En un análisis complejo como este, los resultados nunca son definitivos, sino más bien la mejor evaluación, susceptible de mejorarse, que se puede realizar con los recursos disponibles.

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 CH<sub>4</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CO<sub>2</sub>.
- 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-

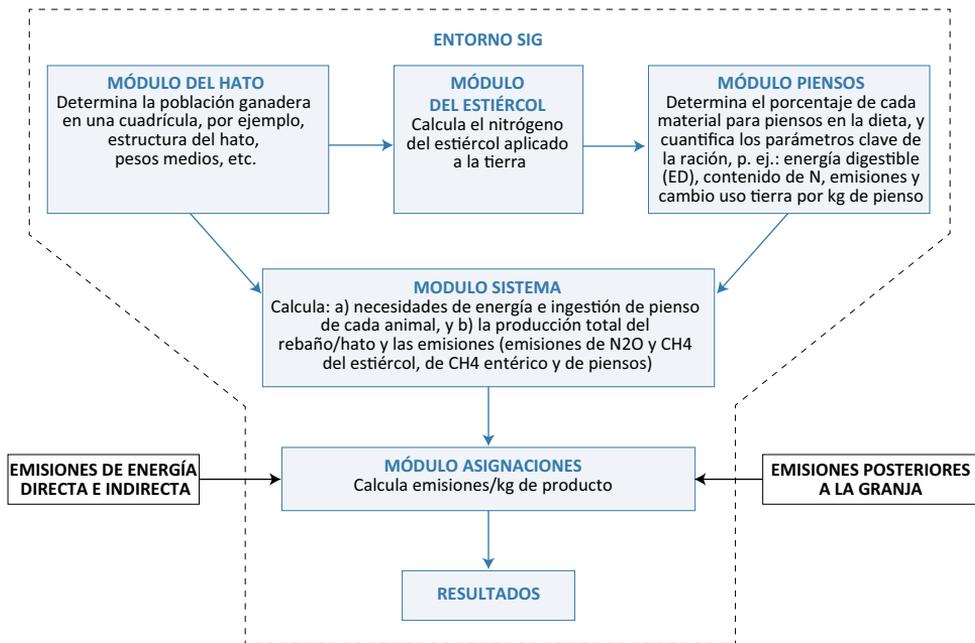
dante la inclusión directa de datos y parámetros económicos en el marco del GLEAM, o bien combinando el GLEAM con modelos económicos existentes, como GTAP, CAPRI, GLOBIOM o IMPACT (Hertel *et al.*, 1999; Britz & Witzke, 2008; Havlik *et al.*, 2011; Rosegrant *et al.*, 2008).

El GLEAM se elabora en la FAO, con el apoyo de las organizaciones asociadas y las iniciativas conexas, como el MICCA y la LEAP.<sup>4</sup> 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.

<sup>4</sup> [www.fao.org/partnerships/leap](http://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)<sup>5</sup>

### 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

<sup>5</sup> 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  $\text{CO}_2\text{-eq}$  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 1990-2006<sup>6</sup>, 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

<sup>6</sup> 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 <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O directo o indirecto proveniente de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La aplicación de N inorgánico</li> <li>• La aplicación de estiércol</li> <li>• El depósito directo del estiércol debido al pastoreo y a los animales que se alimentan con residuos</li> <li>• El manejo de residuos agrícolas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas de N<sub>2</sub>O relacionadas con cambios en las reservas de C</li> <li>• Quema de biomasa</li> <li>• Fijación biológica</li> <li>• Emisiones de fertilizantes no nitrogenados y la cal</li> </ul>
		CO <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de energía en las operaciones de campo</li> <li>• Uso de energía en el transporte y elaboración de piensos</li> <li>• Fabricación de fertilizantes</li> <li>• Mezcla de piensos</li> <li>• Producción de piensos no agrícolas (harina de pescado, cal y aminoácidos sintéticos)</li> <li>• CH<sub>4</sub> proveniente del cultivo de arroz por anegamiento</li> <li>• Cambio de uso de la tierra relacionado con el cultivo de soja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en las reservas de carbono debidos al uso de la tierra bajo prácticas de manejo constantes</li> </ul>
	Producción no relacionada con los piensos	CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía indirecta relacionada con la construcción de edificios y fabricación de equipos en las unidades de explotación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación de productos de limpieza, antibióticos y medicamentos</li> </ul>
UNIDAD DE PRODUCCIÓN ANIMAL	Producción ganadera	CH <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentación entérica</li> <li>• Manejo del estiércol</li> </ul>	
		N <sub>2</sub> O	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N<sub>2</sub>O directo e indirecto proveniente de la gestión del estiércol</li> </ul>	
		CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso directo de energía en las explotaciones agrícolas para el ganado (por ejemplo, refrigeración, ventilación y calefacción)</li> </ul>	
FASE POSTERIOR A LA UNIDAD DE EXPLOTACIÓN	Posterior a la explotación	CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> HFCs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte de animales vivos y productos al matadero y a la planta de elaboración</li> <li>• Transporte de productos elaborados a los puntos de venta al por menor</li> <li>• Refrigeración durante el transporte y la elaboración</li> <li>• Elaboración primaria de la carne en canales y cortes de carne, y de los huevos</li> <li>• Fabricación de envases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento de aguas residuales en el lugar</li> <li>• Emisiones provenientes de desechos animales o emisiones ahorradas debido a la generación de energía en el lugar a partir de residuos</li> <li>• Emisiones derivadas de subproductos de matadero (por ejemplo, grasas, despojos, cueros y pieles)</li> <li>• Uso de energía en la venta y después de la venta</li> <li>• Eliminación de residuos en las fases de venta y posventa<sup>1</sup></li> </ul>

<sup>1</sup> 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 N<sub>2</sub>O relacionados con las actividades de siembra de leguminosas y fertilización de pastizales. El modelo Daycent es más adecuado para representar los flujos de N<sub>2</sub>O 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 bajo 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<sup>-1</sup> en incrementos de 20 kilogramos de nitrógeno por hectárea<sup>-1</sup>.

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.<sup>7</sup> 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.<sup>8</sup> La superficie total de pastizales resultante tras este procedimiento fue de alrededor de 3 000 millo-

<sup>7</sup> <http://gaez.fao.org/Main>

<sup>8</sup> <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.

## MENSAJES PRINCIPALES DEL CAPÍTULO 3

- Con unas emisiones de GEI a lo largo de las cadenas de suministro estimadas en 7,1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año, que representan el 14,5% de todas las emisiones inducidas por el ser humano, el sector de la ganadería contribuye de manera importante al cambio climático.
- Las dos principales fuentes de emisiones son la producción y elaboración de piensos y la fermentación entérica proveniente de los rumiantes, que representan el 4 % y el 39% de las emisiones del sector. El almacenamiento y elaboración del estiércol representa el 10%. El resto se atribuye a la elaboración y el transporte de productos pecuarios.
- Incluida en la producción de piensos, el cambio de uso de la tierra, esto es, la expansión de los pastizales y cultivos forrajeros en detrimento de los bosques, representa el 9% de las emisiones del sector.
- Considerando todas las categorías, el consumo de combustible fósil a lo largo de las cadenas de suministro del sector representa alrededor del 20% de las emisiones.
- Los productos animales que más contribuyen a las emisiones de GEI del sector son la carne y la leche de vacuno, que contribuyen con el 41% y el 20% de las emisiones del sector respectivamente. El CH<sub>4</sub> proveniente de la rumia desempeña un papel importante.
- La producción de cerdos y pollos contribuyen con menos del 10% cada una.



# LA SITUACIÓN GLOBAL

## 3.1 EMISIONES TOTALES

### Importante contribución al total de las emisiones inducidas por el ser humano

El total de las emisiones de GEI provenientes de las cadenas de suministro ganadero se estima en 7,1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año para el período de referencia de 2005. Este total representan el 14,5% de todas las emisiones inducidas por el ser humano según las estimaciones más recientes del IPCC relativas al total de las emisiones antropógenas (49 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq para el año 2004; IPCC, 2007).

Esta cifra absoluta está en consonancia con la evaluación anterior de la FAO '*La larga sombra del ganado*', publicada en 2006 (FAO, 2006), aunque se basa en un análisis mucho más detallado, que supuso importantes ajustes metodológicos y el uso de series de datos mejorados (Capítulo 2). Las contribuciones relativas no se pueden comparar porque los períodos de referencia difieren. La evaluación de 2006 comparó su estimación (basada en el período de referencia de 2001 a 2004) con la estimación total de las emisiones antropógenas de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> proporcionada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) para el año 2000.

### Metano: el gas que más se emite

Alrededor del 44% de las emisiones del sector son en forma de CH<sub>4</sub>. El porcentaje restante se distribuye en partes casi iguales entre el N<sub>2</sub>O (29%) y el CO<sub>2</sub> (27%). Las cadenas de suministro ganadero emiten<sup>9</sup>:

- 2 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq de CO<sub>2</sub> por año, o el 5% de emisiones de CO<sub>2</sub> antropógenas (IPCC, 2007)
- 3,1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq de CH<sub>4</sub> por año, o el 44% de emisiones de CH<sub>4</sub> antropógenas (IPCC, 2007)
- 2 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq de N<sub>2</sub>O por año, o el 53% de las emisiones de N<sub>2</sub>O antropógenas (IPCC, 2007)

Las emisiones de hidrofluorocarburos (HFC) son marginales a nivel mundial.

## 3.2 EMISIONES POR ESPECIES Y PRODUCTOS BÁSICOS

### El ganado vacuno es el que más contribuye a las emisiones

El ganado vacuno es el principal generador de emisiones del sector con alrededor de 4,6 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, que representan el 65% de

<sup>9</sup> Los valores relativos a las emisiones de GEI se calculan en el GLEAM para 2005, mientras que las estimaciones del IPCC del total de las emisiones antropógenas se refieren a 2004.

## RECUADRO 1. PRINCIPALES TRAYECTORIAS DE EMISIÓN

El grueso de las emisiones de GEI proceden de cuatro categorías principales de procesos: fermentación entérica, manejo del estiércol, producción de piensos y consumo de energía.

**Emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la fermentación entérica.** Los animales rumiantes (vacunos, búfalos, ovinos y caprinos) producen CH<sub>4</sub> como parte de su proceso digestivo. En el rumen (estómago) de los rumiantes, la fermentación microbiana descompone los hidratos de carbono en moléculas simples que los animales pueden digerir. El CH<sub>4</sub> es un subproducto de este proceso. Las raciones pocos digeribles (es decir, fibrosas) generan emisiones elevadas de CH<sub>4</sub> por unidad de energía ingerida. Las especies no rumiantes, como los cerdos, también producen CH<sub>4</sub>, pero en cantidades mucho menores. En esta evaluación se incluye la fermentación entérica de vacunos, búfalos, pequeños rumiantes y cerdos, pero no la de aves.

**Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes de la gestión del estiércol.** El estiércol contiene dos componentes químicos que pueden producir emisiones de GEI durante el almacenamiento y la elaboración: la materia orgánica que se puede convertir en CH<sub>4</sub> y el nitrógeno que producen emisiones de N<sub>2</sub>O. El CH<sub>4</sub> se produce a partir de la descomposición anaerobia del material orgánico. Esto ocurre principalmente cuando se maneja estiércol en forma líquida, como en las la-

gunas profundas o tanques de conservación. Durante el almacenamiento o la elaboración, el nitrógeno se libera en su mayor parte en la atmósfera como amoníaco (NH<sub>3</sub>) que posteriormente puede transformarse en N<sub>2</sub>O (emisiones indirectas).

**Emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes de la producción, elaboración y transporte de piensos.** Las emisiones de CO<sub>2</sub> se derivan de la expansión de los cultivos forrajeros y los pastizales en los hábitat naturales, que ocasiona la oxidación del carbono en el suelo y la vegetación. También se derivan de la utilización de combustibles fósiles para la fabricación de fertilizantes, y de la elaboración y el transporte de piensos. Las emisiones de N<sub>2</sub>O se originan a partir del uso de fertilizantes (orgánico o inorgánico) para la producción de piensos y del depósito directo del estiércol sobre los pastizales o durante el manejo del estiércol y su aplicación a los campos de cultivo. Las emisiones directas o indirectas de N<sub>2</sub>O pueden variar considerablemente según la temperatura y humedad imperantes durante la aplicación; por consiguiente, su cuantificación está sujeta a una gran incertidumbre.

**Emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del consumo de energía.** El consumo de energía ocurre a lo largo de todas las cadenas de suministro ganadero que producen emisiones de CO<sub>2</sub>. A nivel de producción de piensos, el consumo de energía se relaciona princi-

las emisiones provenientes de las actividades pecuarias. El ganado vacuno de carne (que produce carne y productos no comestibles) y el ganado vacuno de leche (que produce carne y leche, además de productos no comestibles) generan cantidades similares de emisiones de GEI.

Los cerdos, las aves de corral, los búfalos y los pequeños rumiantes tienen niveles de emisión más bajos, que representan, cada uno, entre el 7% y el 10% de las emisiones del sector (véase el Gráfico 2).

La carne de vacuno es el producto básico con los niveles más altos de emisiones totales y de intensidad de emisiones

La carne de vacuno contribuye con 2,9 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, o el 41% de las emisiones totales del sector, mientras que la leche de vaca lo hace con 1,4 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, o el 20%. Les siguen la carne de cerdo, con 0,7 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, o el 9% las emisiones; la leche y carne de búfalo (8%); la carne de pollo y los huevos (8%), y la leche

palmente con la producción de fertilizantes y con el empleo de maquinaria en el manejo, recolección, elaboración y transporte de cultivos. También se consume energía en la unidad de producción animal, ya sea directamente mediante las operaciones mecanizadas, o indirectamente en la construcción de los edificios y la fabricación de equipos. Por último, la elaboración y transporte de productos básicos pecuarios ocasiona un consumo de energía adicional.

A lo largo de todo el informe, las categorías de emisiones se indican de la siguiente manera en las leyenda que acompaña los gráficos:

- Piense,  $N_2O$ , incluidos:
  - Fertilizantes y residuos agrícolas,  $N_2O$  – emisiones provenientes de los fertilizantes aplicados a los cultivos forrajeros y de la descomposición de los residuos agrícolas.
  - Estiércol aplicado y depositado,  $N_2O$  – emisiones provenientes del estiércol aplicado a los cultivos forrajeros o pastizales o depositado directamente en los pastizales por los animales.
- Piensos,  $CO_2$  – emisiones provenientes de la producción, elaboración y transporte de piensos.
- Cambio de uso de la tierra: soja,  $CO_2$  – emisiones debidas a la expansión de las tierras de cultivo para la producción de piensos.

- Cambio de uso de la tierra: expansión de pastizales,  $CO_2$  – emisiones provenientes de la expansión de los pastizales.
- Piensos: arroz,  $CH_4$  – emisiones provenientes del cultivo de arroz para la producción de piensos.
- Entérico,  $CH_4$  – emisiones provenientes de la fermentación entérica.
- Manejo del estiércol,  $CH_4$  – emisiones provenientes del almacenamiento y elaboración del estiércol (sin incluir la aplicación y el depósito).
- Manejo del estiércol,  $N_2O$  – emisiones provenientes del almacenamiento y elaboración del estiércol (sin incluir la aplicación y el depósito).
- Energía directa,  $CO_2$  – emisiones provenientes del uso de energía en la unidad de producción animal (calefacción, ventilación, etc.).
- Energía indirecta,  $CO_2$  – emisiones relacionadas con la construcción de edificios y fabricación equipos para la producción animal.
- Actividades posteriores a las operaciones en la granja,  $CO_2$  – emisiones relacionadas con la elaboración y transporte de productos pecuarios entre la granja y el punto de venta al por menor.

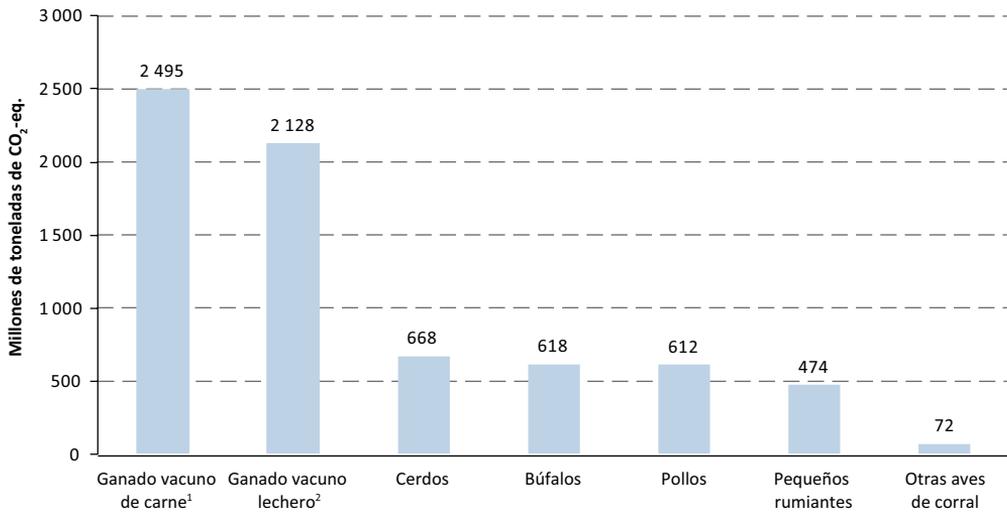
y carne de los pequeños rumiantes (6%). El resto de las emisiones provienen de otras especies de aves de corral y productos no comestibles.

Cuando las emisiones se expresan por unidad de proteínas producida, la carne de vacuno es el producto con la mayor intensidad de emisiones (volumen de GEI emitidos por unidad de producto generado), con un promedio de más de 300 kilogramos de  $CO_2$ -eq por kilogramo de proteína; seguida por la carne y leche de los pequeños ru-

miantes, con promedios de 165 kilogramos y 112 kilogramos de  $CO_2$ -eq por kilogramo de proteína, respectivamente. La leche de vaca<sup>10</sup>, los productos del pollo y los cerdos tienen una intensidad media total de emisiones menor, que se sitúa por debajo de 100 kilogramo de  $CO_2$ -eq por kilogramo de proteína comestible (Gráfico 3).

<sup>10</sup> En este documento, las unidades de leche se corrigen para tener en cuenta el contenido de materia grasa y proteínas – véase LNGP en el Glosario.

**GRÁFICO 2. Estimaciones globales de las emisiones por especies\***



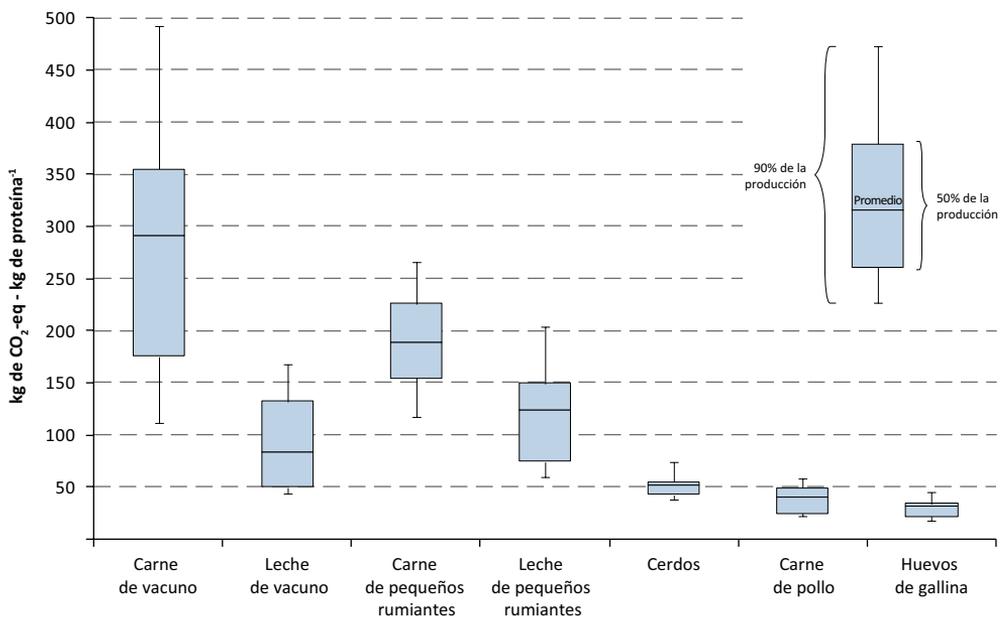
\* Incluye las emisiones atribuidas a los productos comestibles y a otros bienes y servicios, como tracción animal y lana.

<sup>1</sup> Que produce carne y productos no comestibles

<sup>2</sup> Que produce leche, carne y productos no comestibles

Fuente: GLEAM.

**GRÁFICO 3. Intensidades de emisión por producto**



Fuente: GLEAM.

### Diferencias considerables de intensidad de emisiones entre productores

Especialmente para los productos de los rumiantes, pero también para la carne de cerdo y pollo y los huevos, la intensidad de emisiones varía considerablemente entre productores (Gráfico 3). Las diferentes condiciones agroecológicas, prácticas de explotación y formas de gestión de las cadenas de suministro explican esta heterogeneidad, observada en el interior de los sistemas de producción y entre ellos. En esta variabilidad –o diferencia entre productores con la más alta intensidad de emisiones y aquellos con la más baja– se pueden descubrir muchas opciones de mitigación (para un examen detallado, véase el Capítulo 5).

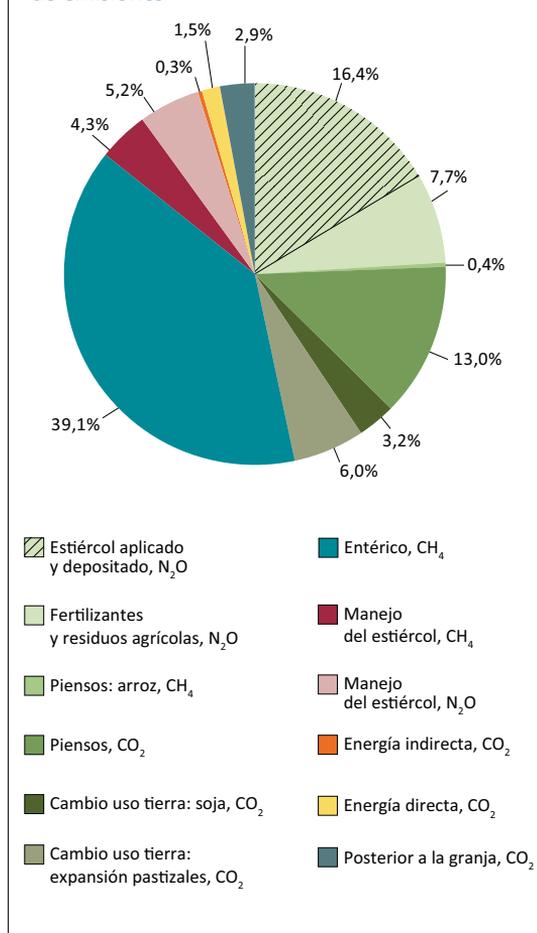
### 3.3 FUENTES PRINCIPALES DE EMISIÓN

Las emisiones provenientes de la producción, elaboración y transporte de piensos representan alrededor del 45% de las emisiones del sector. La fertilización de los cultivos forrajeros y el depósito del estiércol sobre los pastizales producen cantidades importantes de emisiones de  $N_2O$ , que juntas representan cerca de la mitad de las emisiones relacionadas con los piensos (esto es, un cuarto de las emisiones totales del sector). Aproximadamente un cuarto de las emisiones relacionadas con los piensos (menos del 10% de las emisiones del sector) guardan relación con un cambio de uso de la tierra (Gráfico 4).

Entre los materiales para piensos, las hierbas y otros forrajes frescos representan cerca de la mitad de las emisiones, provenientes en su mayor parte del depósito del estiércol sobre los pastizales y del cambio de uso de la tierra. Los cultivos para piensos representan aproximadamente un cuarto más de las emisiones, y todos los demás materiales para piensos (subproductos y residuos agrícolas, harina de pescado y suplementos) la cuarta parte restante (Gráfico 4).

La fermentación entérica es la segunda fuente principal de emisiones, pues contribuye con el 40% aproximadamente del total de las emisiones. Los vacunos emiten la mayor parte del  $CH_4$  enté-

GRÁFICO 4. Emisiones globales de las cadenas de suministro ganadero por categoría de emisiones

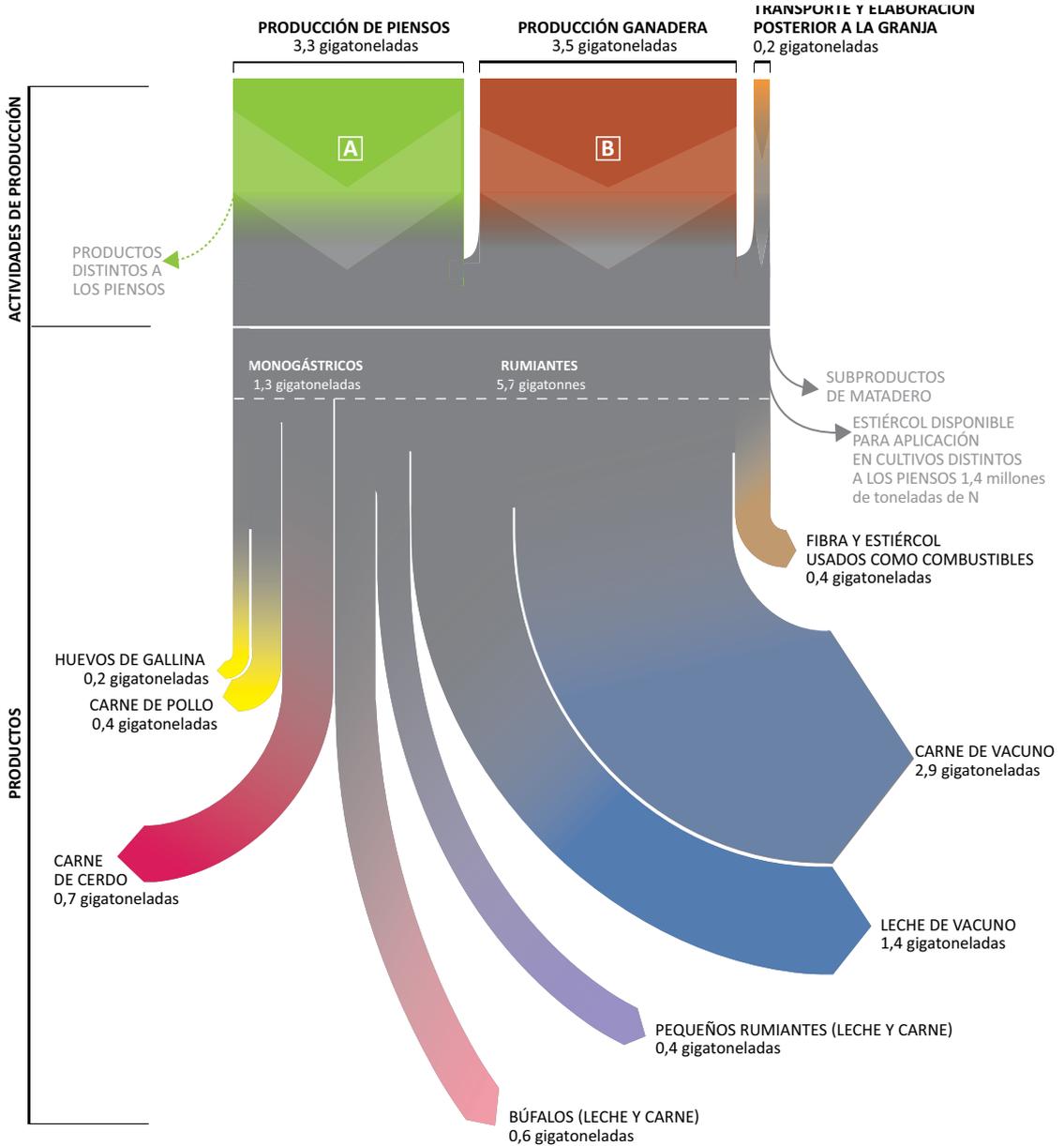


rico (77%), seguidos por los búfalos (13%) y los pequeños rumiantes (10%).

Las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  derivadas del almacenamiento y elaboración del estiércol (sin incluir su aplicación y el depósito) representan alrededor del 10% de las emisiones del sector.

Las emisiones asociadas al consumo de energía (relacionadas directa o indirectamente con los combustibles fósiles) se vinculan principalmente con la producción de piensos y, en particular, con la fabricación de fertilizantes. Cuando se suman a lo largo de las cadenas de suministro del sector, el consumo de energía contribuye con cerca del 20% del total de las emisiones del sector.

**GRÁFICO 5. Emisiones de GEI de las cadenas de suministro ganadero, por actividades de producción y productos**

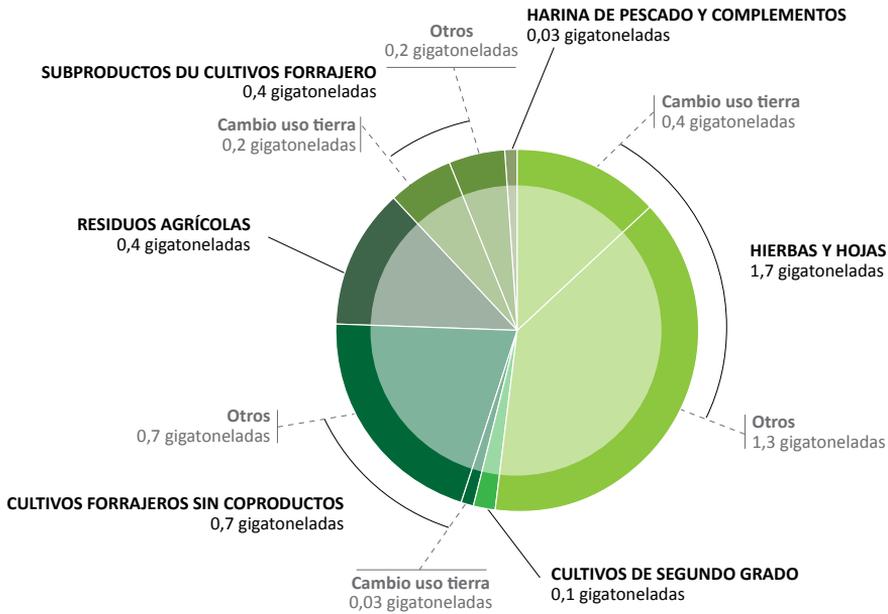


**EMISIONES DE GEI DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO GANADERO MUNDIALES, POR ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTOS**

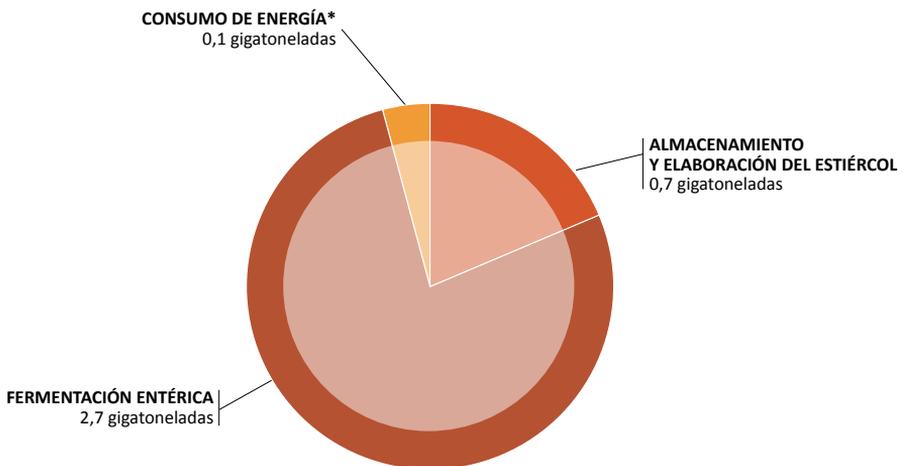
Se distinguen diferentes tipos de cultivos forrajeros: de segundo grado (cultivos alimentarios que no cumplen con las normas de calidad para el consumo humano y que se usan para alimentar a los animales), cultivos forrajeros sin coproductos (cultivos producidos como piensos, por ejemplo, maíz, cebada), residuos agrícolas (residuos de cultivos alimentarios y forrajeros, por ejemplo, rastrojo de maíz, paja) y subproductos de cultivos alimentarios (subproductos de la producción y elaboración de alimentos, por ejemplo, tortas de soja, salvado). La flecha "productos distintos de los piensos" recuerda que las emisiones de la producción de piensos se dividen con otros sectores. Por ejemplo, se estima que los desechos alimentarios de los hogares utilizados para alimentar a los cerdos en los sistemas de producción domésticos tienen una intensidad de emisión igual

a cero porque las emisiones se atribuyen completamente a los alimentos del hogar. Del mismo modo, las emisiones relacionadas con los residuos agrícolas (por ejemplo, rastrojo de maíz) son bajas debido a que la mayoría de las emisiones se atribuyen al producto principal (granos de maíz). No se pueden asignar emisiones a los subproductos de matadero (por ejemplo, despojos, cuero, sangre). Los estudios de caso demuestran que los subproductos pueden añadir alrededor de un 5% a un 10% a los ingresos totales en el matadero, por ejemplo para la carne de vacuno y cerdo en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (FAO, 2013a y 2013b). En el gráfico no se incluyen las aves de corral distintas a los pollos.

**A** PRODUCCIÓN DE PIENSOS

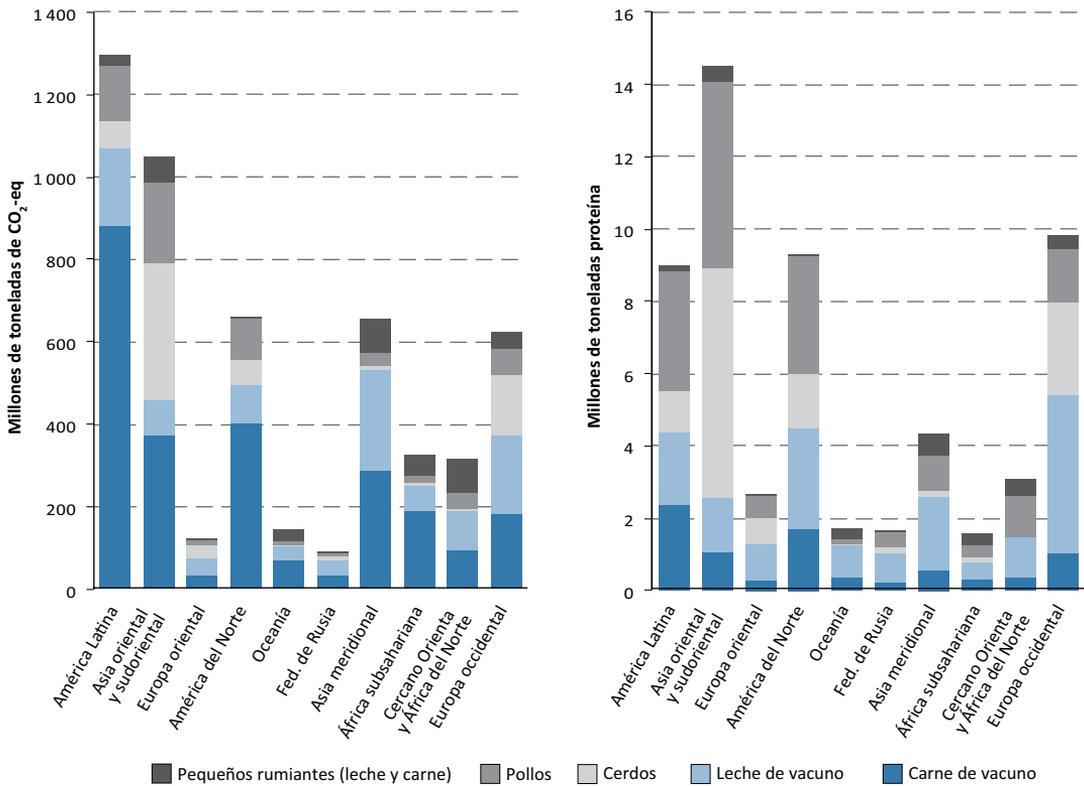


**B** PRODUCCIÓN GANADERA



\*En esta categoría se incluye la energía indirecta relacionada con la fabricación de edificios y equipo en la granja.  
Fuente: GLEAM.

**GRÁFICO 6. Producción ganadera mundial y emisiones de GEI provenientes de la ganadería, por producto y regiones**



Fuente: GLEAM.

### 3.4 EMISIONES POR REGIONES

Las emisiones regionales y los perfiles de producción varían ampliamente (Gráfico 6). Las diferencias se explican por las respectivas participaciones de los animales rumiantes o monogástricos en el total de la producción ganadera, y por las diferencias entre regiones en cuanto a intensidad de emisiones de cada producto.

América Latina y el Caribe tienen el nivel de emisión más alto (casi 1,3 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq), impulsado por la importante producción de carne de vacuno especializada. Aunque a un ritmo menor en los últimos años, el cambio de uso de la tierra en curso contribuye a las elevadas emisiones de CO<sub>2</sub>

en la región, debido a la expansión de los pastizales y las tierras agrícolas para la producción de piensos.

Con la mayor producción ganadera e intensidades de emisión relativamente elevadas para sus vacunos de carne y sus cerdos, Asia oriental tiene el segundo nivel más alto de emisiones (más de 1 gigatonelada de CO<sub>2</sub>-eq).

América del Norte y Europa occidental tienen niveles semejantes de emisiones totales de GEI (más de 0,6 gigatonelada de CO<sub>2</sub>-eq) y también niveles bastante similares de producción de proteínas. Sin embargo, las modalidades de emisión difieren. En América del Norte, casi dos tercios de las emisiones provienen de la producción de carne

de vacuno, que tiene intensidades de emisión elevadas. Por el contrario, en Europa occidental la carne de vacuno proviene principalmente de cabañas lecheras con intensidades de emisión mucho más bajas (Sección 4). En América del Norte, las intensidades de emisión derivadas de los pollos, cerdos y leche son inferiores a las de Europa occidental debido a que la región generalmente depende de piensos con una intensidad de emisión menor.

En Asia meridional, las emisiones totales del sector se sitúan en el mismo nivel de América del Norte y Europa occidental, pero su producción de proteína es la mitad de la que se produce en esas zonas. Los rumiantes contribuyen con una parte considerable debido a la elevadas intensidad de sus emisiones. Por el mismo motivo, las emisiones en el África subsahariana son cuantiosas, a pesar de un bajo nivel de producción de proteínas.

## MENSAJES PRINCIPALES DEL CAPÍTULO 4

- La fermentación entérica y la producción de piensos son las fuentes principales de emisión para los rumiantes.
- La carne de vacuno producida por el ganado lechero tiene intensidades de emisión generalmente menores que la carne de vacuno producida por el ganado de carne especializada. Esto se explica por el hecho de que las emisiones provenientes de los animales reproductivos se asignan a la leche y la carne en el caso de la cabaña lechera, y a la carne solamente en el caso del ganado de carne.
- Las producciones de carne de vacuno y leche tienen mayores intensidades de emisión en sistemas caracterizados por una baja productividad. Esto se debe a la reducida digestibilidad de los piensos, la menor eficacia de las prácticas de manejo del hato y el bajo rendimiento reproductivo. Esta relación entre intensidad de emisiones y productividad no se observa claramente en las especies monogástricas, dado que los sistemas altamente productivos dependen de pienso con una elevada intensidad de emisiones.
- En América Latina y el Caribe, un tercio de las emisiones procedentes de la producción de carne de vacuno se relacionan con la expansión de los pastizales en detrimento de las superficies forestales.
- En las cadenas de suministro de cerdos y aves de corral, las emisiones se derivan principalmente de la producción de piensos, lo que se explica por el uso de piensos con una elevada intensidad de emisiones. Para la producción de cerdos y de huevos de gallina, el almacenamiento y la elaboración del estiércol también son importantes fuentes de emisiones.
- Las emisiones relacionadas con el consumo de energía representan hasta un 40% de las emisiones de las cadenas de suministros de cerdos y aves de corral.
- En la producción de cerdos, las menores intensidades de emisión se encuentran en los sistemas de cría doméstica que utilizan piensos con bajo nivel de emisiones, y entre los sistemas industriales, que son más eficaces en lo que se refiere a la conversión de piensos en productos animales.
- La carne de pollo y los huevos tiene bajas intensidades de emisión en comparación con otros productos pecuarios.
- Para los sistemas de producción pecuarios, las emisiones de  $N_2O$ ,  $CH_4$  y  $CO_2$  representan pérdidas nitrógeno, energía y materia orgánica que merman la eficacia y productividad de las unidades de producción.



# EMISIONES POR ESPECIES

En este capítulo se presenta un análisis resumido de las emisiones por especies de animales. Para un análisis completo y minucioso, incluido un análisis de sensibilidad detallado y la comparación de los resultados con otros estudios, véase FAO (2013a y FAO 2013b).

## 4.1 GANADO VACUNO

Las emisiones de GEI provenientes del ganado vacuno representan cerca del 65% de las emisiones del sector pecuario (4,6 gigatoneladas de  $\text{CO}_2$ -eq), lo que hace del ganado vacuno el principal productor de emisiones del sector. La producción de carne de vacuno contribuye con 2,9 gigatoneladas o el 41% del total de las emisiones del sector, mientras que las emisiones provenientes de la producción de leche ascienden a 1,4 gigatoneladas o el 20% del total de las emisiones del sector.<sup>11</sup> Las emisiones asignadas a otros bienes y servicios, como la tracción animal y el estiércol utilizado como combustible, representan 0,3 gigatonelada (Gráfico 10). Estos bienes y servicios proporcionados por el ganado son especialmente importantes en Asia meridional y África subsahariana, donde representan casi el 25% de las emisiones.

La intensidad media de las emisiones es de 2,8 kilogramo de  $\text{CO}_2$ -eq por kilogramo de leche con contenido normalizado de materia grasa y proteína (LNGP)<sup>12</sup> para la leche, y de 46,2 kilogramo de  $\text{CO}_2$ -eq por kilogramo de peso en canal para la carne.

### Principales fuentes de emisión: fermentación entérica y fertilización de piensos

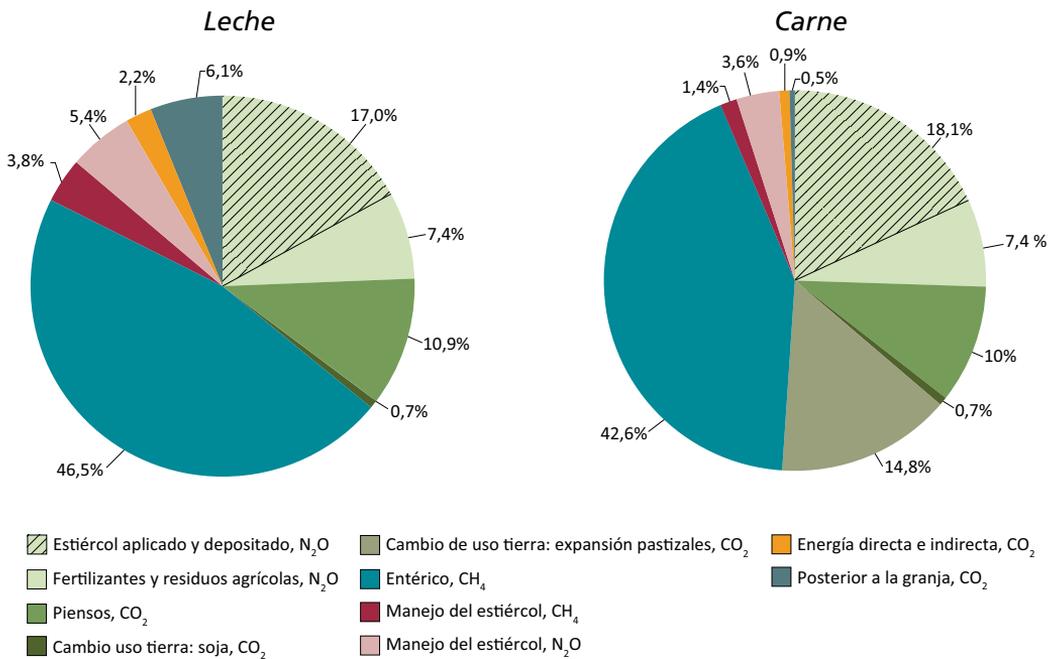
La fermentación entérica es la fuente principal de emisiones provenientes del ganado vacuno. Las emisiones de esta fuente ascienden a 1,1 gigatonelada, que representa el 46% y el 43% del total de las emisiones en las cadenas de suministros de lácteos y carne de vacuno respectivamente (Gráficos 7, 8, 9 y 10).

Las emisiones relacionadas con los piensos, incluidas las emisiones provenientes del manejo de pastizales, son la segunda categoría más importante de emisiones, y contribuyen con cerca del 36% de las emisiones derivadas de la producción de leche y carne. En esta categoría, predominan las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  provenientes en su mayor parte de la fertilización de los piensos. Cuando se añaden las emisiones derivadas de la expansión de los pastizales, las emisiones provenientes de

<sup>11</sup> Salvo indicación en contrario, el término "carne de vacuno" se refiere a la carne del ganado lechero y al ganado de carne especializado.

<sup>12</sup> El contenido de materia grasa y proteínas de la leche se normaliza para representar la heterogeneidad de la producción lechera.

**GRÁFICO 7. Emisiones globales de las cadenas de suministro de leche y carne de vacuno, por categoría de emisiones**



Fuente: GLEAM.

**CUADRO 5. Producción, emisiones e intensidad de emisiones globales para la leche y la carne de vacuno**

Cabaña	Sistema	Producción (en millones de toneladas)		Emisiones (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)		Intensidad de emisión (kg de CO <sub>2</sub> -eq/kg de producto)	
		Leche <sup>1</sup>	Carne <sup>2</sup>	Leche	Carne	Leche <sup>1</sup>	Carne <sup>2</sup>
Lechera	Pastoreo	77,6	4,8	227,2	104,3	2,9 <sup>3</sup>	21,9 <sup>3</sup>
	Mixto	430,9	22,0	1 104,3	381,9	2,6 <sup>3</sup>	17,4 <sup>3</sup>
	<b>Total leche</b>	<b>508,6</b>	<b>26,8</b>	<b>1 331,1</b>	<b>486,2</b>	<b>2,6<sup>3</sup></b>	<b>18,2<sup>3</sup></b>
De carne especializada	Pastoreo		8,6		875,4		102,2 <sup>3</sup>
	Mixto		26,0		1 462,8		56,2 <sup>3</sup>
	<b>Total carne</b>		<b>34,6</b>		<b>2 338,4</b>		<b>67,6<sup>3</sup></b>
Emisiones después del faenado <sup>4</sup>				87,6	12,4		
<b>Total</b>		<b>508,6</b>	<b>61,4</b>	<b>1 419,1</b>	<b>2 836,8</b>	<b>2,8<sup>5</sup></b>	<b>46,2<sup>5</sup></b>

<sup>1</sup> Producto: LNGP.

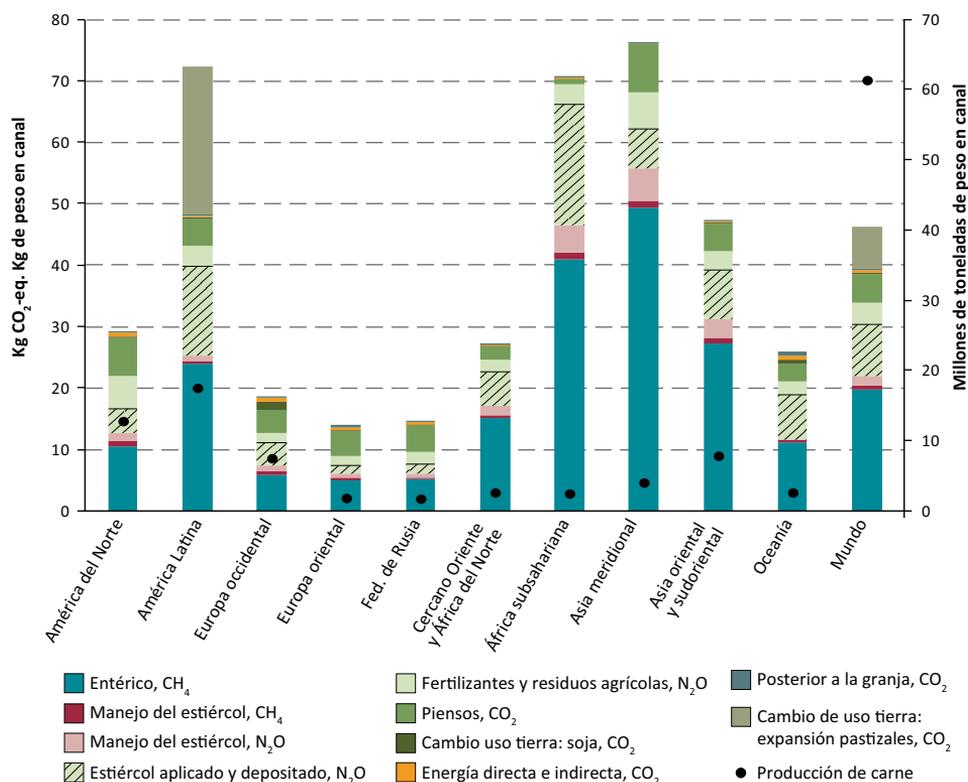
<sup>2</sup> Producto: peso en canal.

<sup>3</sup> No incluye las emisiones posteriores al faenado.

<sup>4</sup> Calculado a nivel de producto y de país.

<sup>5</sup> Incluye las emisiones posteriores al faenado

GRÁFICO 8. Variación regional de la producción de carne de vacuno e intensidades de emisión de GEI



Fuente: GLEAM.

los piensos representan más de la mitad de las emisiones de los sistemas de carne de vacuno especializada; los sistemas lecheros generalmente no están asociados a la expansión de pastizales.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el uso de la energía en las cadenas de suministro de piensos representan alrededor del 10% de las emisiones totales. Las emisiones debidas al consumo de energía en las unidades de explotación y en la elaboración son mínimas en la carne de vacuno y limitadas en los productos lácteos (alrededor del 8% de emisiones).

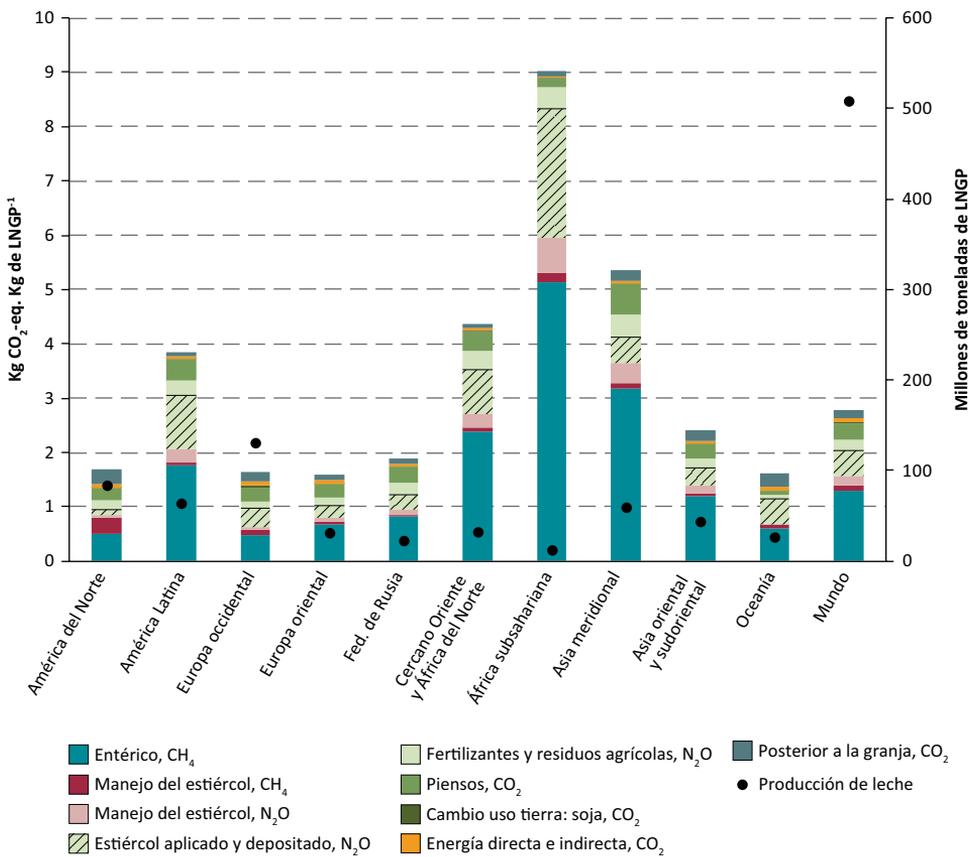
### Mayor intensidad de emisiones en las cabañas de carne de vacuno especializada

Existe una clara diferencia en lo que se refiere a la intensidad de emisiones entre la carne de vacuno producida por cabañas lecheras y la producida

por cabañas de carne especializada: la intensidad de emisión de la carne de vacuno proveniente de hatos de carne especializada es casi cuatro veces mayor que la proveniente de cabañas lecheras (68 kilogramos frente 18 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal) (Cuadro 5).

Esta diferencia se debe sobre todo a que las cabañas lecheras producen leche y carne, mientras que, por el otro lado, las de carne de vacuno especializada producen principalmente carne. Como consecuencia, las emisiones procedentes de las cabañas lecheras se atribuyen a la leche y la carne, mientras que las emisiones provenientes de las cabañas de carne de vacuno se asignan a la carne (en los dos casos, una parte mínima se asigna a otros bienes y servicios, como la tracción animal y el estiércol usado como combustible).

GRÁFICO 9. Variación regional de la producción de leche de vacuno e intensidades de emisión de GEI



Fuente: GLEAM.

Un examen más detenido de la estructura de las emisiones revela que las emisiones provenientes de animales de reproducción (la “sobrecarga de reproducción”) explican exclusivamente la diferencia: cuando no se consideran más que los animales de engorde, los terneros de carne de vacuno especializada y los excedentes de terneros lecheros tienen intensidades de emisión similares por kilogramo de peso en canal. Además, las cohortes de reproducción representan el 69% del hato en las cabañas de carne especializada, frente al 52% en los sistemas lecheros.

Debido a las diferencias en la calidad de los piensos y el manejo del hato, en los sistemas de pasto-

reo la intensidad de emisiones es generalmente mayor que en los sistemas mixtos.<sup>13</sup> Las intensidades de emisiones medias son particularmente elevadas en los vacunos de carne especializada criados en sistemas de pastoreo en América Latina y el Caribe debido a las emisiones provenientes del cambio de uso de la tierra relacionado con la expansión de los pastizales. La diferencia de intensidades de emisión entre los sistemas de pastoreo y los mixtos es menos pronunciada para la carne de las cabañas lecheras y es mínima para la leche.

<sup>13</sup> Los sistemas mixtos y de pastoreo se definen basándose en la dieta de los animales y la combinación de productos en la producción de la granja. (Capítulo 2).

## Mayor intensidad de emisiones en los sistemas de baja productividad

### Producción de carne de vacuno

Las intensidades de emisiones de la carne de vacuno son mayores en Asia meridional, África subsahariana, América Latina y el Caribe, y Asia oriental y sudoriental (Gráficos 8). Las emisiones más elevadas se deben en gran parte a la baja digestibilidad de los piensos (que determina mayores emisiones entéricas y derivadas del estiércol), las deficientes prácticas ganaderas y los menores pesos de sacrificio (índices de crecimiento lentos que ocasionan más emisiones por kilogramo de carne producida) y la mayor edad en el momento del sacrificio (vidas más largas producen más emisiones).

En América Latina y el Caribe, se estima que un tercio de las emisiones (24 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal) relacionadas con la producción de carne de vacuno procede de la expansión de los pastizales en detrimento de las superficies forestales. Esta estimación se debe considerar con prudencia, dadas las numerosas incertidumbres metodológicas y relativas a los datos que afectan a las estimaciones de las emisiones derivadas del cambio de uso de la tierra (Capítulo 2) (FAO, 2013a y 2013b).

En Europa, cerca del 80% de la carne de vacuno proviene de animales lecheros (excedentes de terneros y vacas de reposición), lo que produce niveles más bajos de intensidad de emisiones, como se explicó anteriormente.

### Producción de leche

Generalmente, la intensidad de las emisiones relacionada con la producción de leche es menor en las regiones industrializadas del mundo (por debajo de 1,7 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de leche, en comparación con las medias regionales que alcanza hasta 9 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de leche). La mejor alimentación y nutrición de los animales reduce las emisiones de CH<sub>4</sub> y del estiércol (menor liberación de nitrógeno y sólidos volátiles). El mayor rendimiento lechero supone un cambio en el metabolismo de las vacas a favor

de la leche y la reproducción, en contraposición al mantenimiento corporal, que contribuye a reducir la intensidad de emisiones.

En regiones con baja productividad, la fermentación entérica es la fuente principal de emisiones. En las regiones industrializadas, la producción y elaboración de piensos junto con el estiércol son fuentes de emisiones tan importantes como la fermentación entérica.

Las emisiones provenientes de la gestión del estiércol son relativamente elevadas en América del Norte donde, por término medio, el 27% del estiércol del sector lechero se maneja en sistemas líquidos que producen cantidades mayores de emisiones de CH<sub>4</sub>.

## 4.2 BÚFALOS

El total de las emisiones de GEI derivadas de la producción de búfalos (carne, leche y otros productos y servicios) representa el 9% de las emisiones del sector. Ascenden a 618 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, de las cuales 390 millones de toneladas provienen de la producción de leche, 180 millones de toneladas de la producción de carne y 48 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq de otros bienes y servicios, como el estiércol utilizado como combustible y la tracción animal (Cuadro 6).

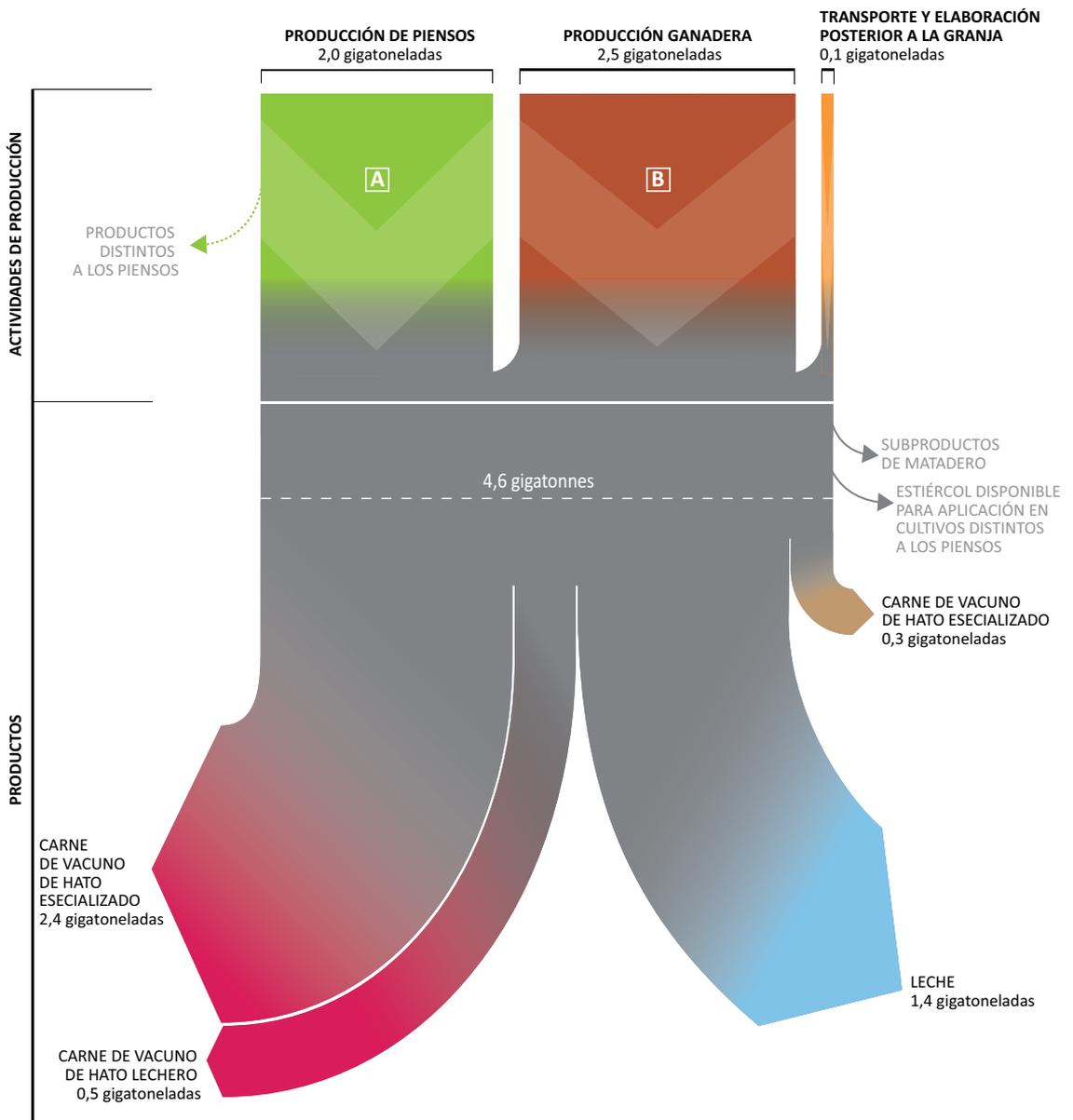
### Principales fuentes de emisión: fermentación entérica y fertilización de piensos

Más del 60% de las emisiones relacionadas con la producción de carne y leche de búfalo proviene de la fermentación entérica, en comparación con el 45% del ganado vacuno. La diferencia se debe a la digestibilidad generalmente menor de las raciones de piensos (Gráfico 11).

La fertilización de cultivos forrajeros es la segunda fuente principal de emisión, dado que representa el 17% de la producción de leche y el 21% de la producción de carne.

Las emisiones provenientes del cambio de uso de la tierra son casi nulas, dada la inexistencia de búfalos en las zonas en que los pastizales se están expandiendo y la presencia limitada de productos de soja en la ración.

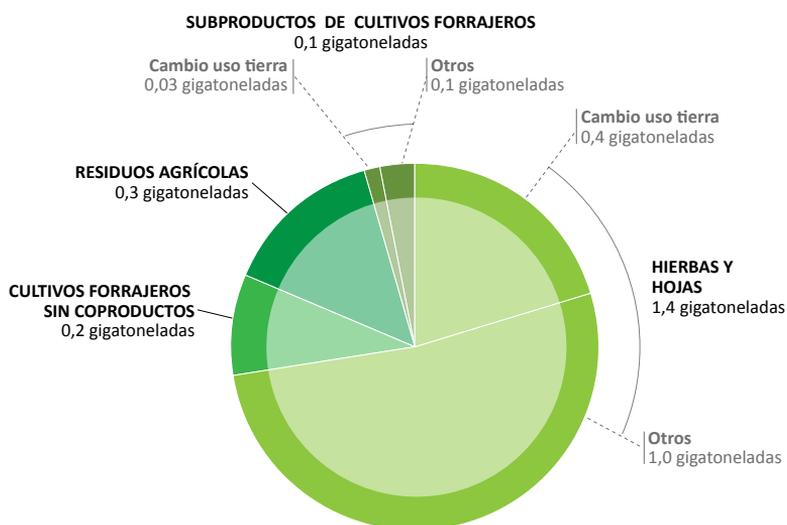
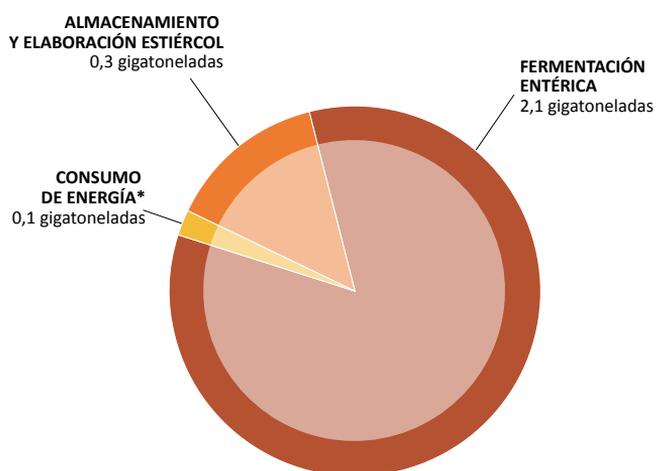
GRÁFICO 10. Flujos globales de emisiones en las cadenas de suministro ganadero



EMISIONES DE GEI DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO GANADERO MUNDIALES, POR ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTOS

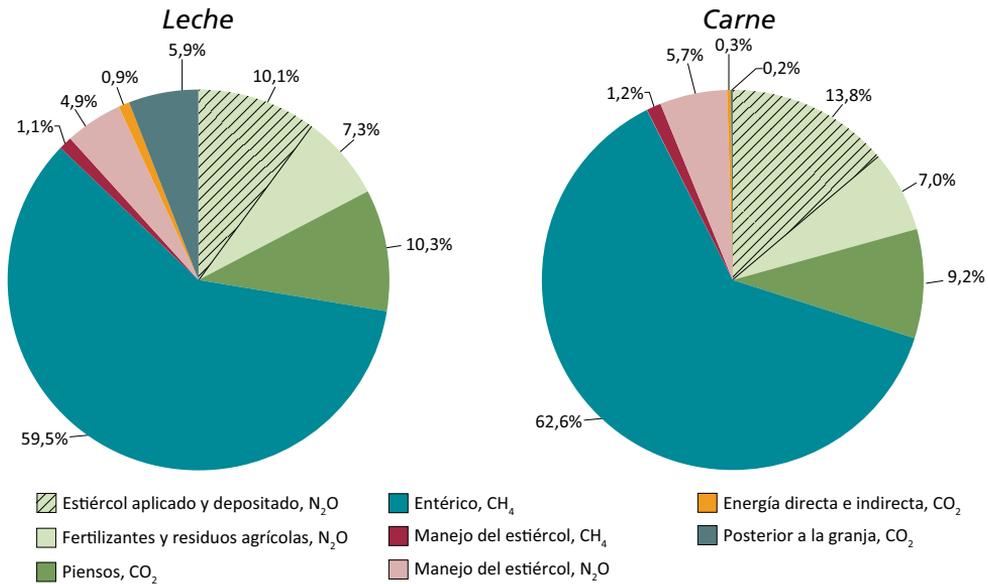
Se distinguen diferentes tipos de cultivos forrajeros: cultivos de segundo grado (cultivos alimentarios que no cumplen con las normas de calidad para el consumo humano y que se usan para alimentar a los animales), cultivos forrajeros sin coproductos (cultivos producidos como piensos, por ejemplo, maíz, cebada), residuos agrícolas (residuos de cultivos alimentarios y forrajeros, por ejemplo, rastrojo de maíz, paja) y subproductos de cultivos alimentarios (subproductos de la producción y elaboración de alimentos, por ejemplo, tortas de soja, salvado). La flecha "productos distintos de los piensos" recuerda que las emisiones de la producción de piensos se dividen con otros sectores. Por ejemplo, se estima que los desechos alimentarios de los hogares utilizados para alimentar a los cerdos en los sistemas de producción domésticos tienen una intensidad de emisión igual a cero

porque las emisiones se atribuyen completamente a los alimentos del hogar. Del mismo modo, las emisiones relacionadas con los residuos agrícolas (por ejemplo, rastrojo de maíz) son bajas debido a que la mayoría de las emisiones se atribuyen al producto principal (granos de maíz). No se pueden asignar emisiones a los subproductos de matadero (por ejemplo, despojos, cuero, sangre). Los estudios de caso demuestran que los subproductos pueden añadir alrededor de un 5% a un 10% a los ingresos totales en el matadero, por ejemplo para la carne de vacuno y cerdo en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (FAO, 2013a y 2013b). En el gráfico no se incluyen las aves de corral distintas a los pollos.

**A** PRODUCCIÓN DE PIENSOS**B** PRODUCCIÓN GANADERA

\*En esta categoría se incluye la energía indirecta relacionada con la fabricación de edificios y equipo en la granja.  
Fuente: GLEAM.

**GRÁFICO 11. Emisiones globales de las cadenas de suministro de leche y carne de búfalo, por categoría de emisiones**



Fuente: GLEAM.

**CUADRO 6. Producción, emisiones e intensidad de emisiones globales para la leche y la carne de búfalo**

Sistema	Producción (en millones de toneladas)		Emisiones (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)		Intensidad de emisión (kg de CO <sub>2</sub> -eq/kg de producto)	
	Leche <sup>1</sup>	Carne <sup>2</sup>	Leche	Carne	Leche <sup>1</sup>	Carne <sup>2</sup>
Pastoreo	2,7	0,1	9,0	4,7	3,4 <sup>3</sup>	36,8 <sup>3</sup>
Mixto	112,6	3,2	357,9	175,2	3,2 <sup>3</sup>	54,8 <sup>3</sup>
Emisiones después del faenado <sup>4</sup>			23,0	0,3		
<b>Total</b>	<b>115,2</b>	<b>3,4</b>	<b>389,9</b>	<b>180,2</b>	<b>3,4<sup>5</sup></b>	<b>53,4<sup>5</sup></b>

<sup>1</sup> Producto: LNGP.

<sup>2</sup> Producto: peso en canal.

<sup>3</sup> No incluye las emisiones posteriores a la granja.

<sup>4</sup> Calculado a nivel de producto y de país.

<sup>5</sup> Incluye las emisiones posteriores a la granja.

### Producción geográficamente concentrada

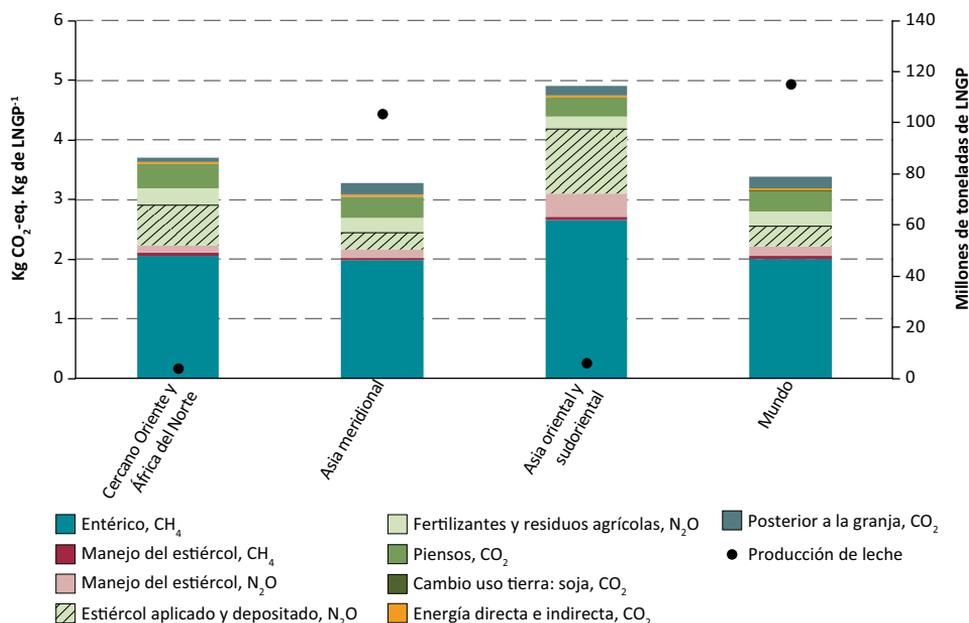
La producción de búfalos está concentrada geográficamente en Asia meridional, Cercano Oriente y África del Norte, y Asia oriental y sudoriental; solamente Asia meridional produce hasta el 90% de la leche y el 70% de la carne de búfalo del mundo. Asia oriental y sudoriental producen

el 20% de la carne de búfalo, mientras que las demás regiones contribuyen de manera limitada a las producciones de carne y leche (Gráficos 12 y 13).

### Producción de leche

Alrededor del 80% de la leche de búfala se produce en sistemas mixtos situados en zonas climá-

GRÁFICO 12. Variación regional de la producción de leche de búfalo e intensidades de emisión de GEI\*



\* Se omiten las regiones que representan menos del 2% de la producción mundial.

Fuente: GLEAM.

ticas semiáridas. Los niveles medios de intensidad de emisiones de la leche varían de 3,2 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de LNGP en Asia meridional a 4,8 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de LNGP en Asia oriental y sudoriental. Debido a los altos rendimientos, la leche producida en Asia meridional tiene la menor intensidad de emisiones.

### Producción de carne

El 70% de toda la carne de búfalo proviene de sistemas de pastoreo y mixtos situados en zonas semiáridas, que también tienen las intensidades de emisiones más bajas.

La intensidad de emisiones de la producción de carne de búfalo a nivel regional varía de 21 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal en el Cercano Oriente y África del Norte, a 70,2 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal en Asia oriental y sudoriental. La intensidad de emisiones de la producción de carne de búfalo es particularmente alta en Asia oriental y

sudoriental, debido a la escasa productividad de los animales ocasionada por la mala calidad de los recursos de pienso y la baja eficacia reproductiva.

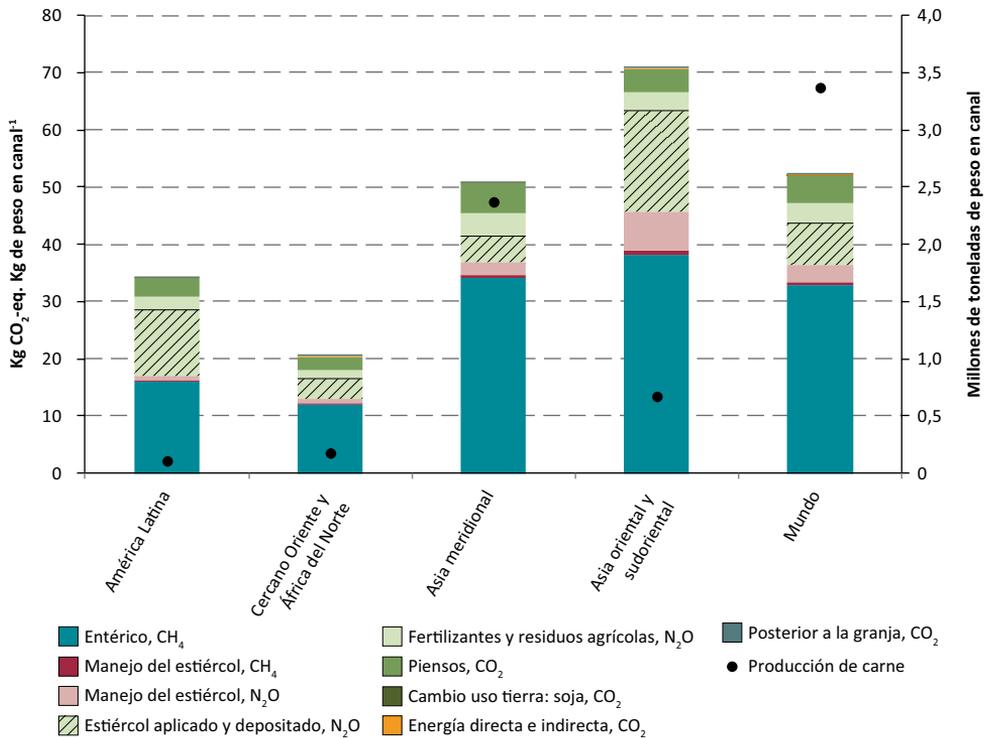
### 4.3 PEQUEÑOS RUMIANTES (OVEJAS Y CABRAS)

Las emisiones de los pequeños rumiantes representan cerca del 6,5% de las emisiones globales del sector, y ascienden a 475 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, de las cuales 299 millones de toneladas se asignan a la producción de carne, 130 millones de toneladas a la producción de leche y 46 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq a la de otros bienes y servicios.

La leche de cabra tiene una intensidad de emisión menor que la de oveja (Cuadro 7), debido a los mayores rendimientos.<sup>14</sup> La intensidad de emisiones media para la carne de pequeños rumiantes es de 23,8 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal, sin grandes diferencias entre la carne de oveja y la de cabra.

<sup>14</sup> Leche con contenido normalizado de materia grasa y proteínas.

**GRÁFICO 13.** Variación regional de la producción de carne de búfalo e intensidades de emisión de GEI\*



\* Se omiten las regiones que representan menos del 2% de la producción mundial.  
Fuente: GLEAM.

**CUADRO 7.** Producción, emisiones e intensidad de emisión globales para los pequeños rumiantes

Especies	Sistema	Producción (en millones de toneladas)		Emisiones (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)		Intensidad de emisión (kg de CO <sub>2</sub> -eq/kg de producto)	
		Leche <sup>1</sup>	Carne <sup>2</sup>	Leche	Carne	Leche <sup>1</sup>	Carne <sup>2</sup>
Ovejas	Pastoreo	3,1	2,8	29,9	67,3	9,8 <sup>3</sup>	23,8 <sup>3</sup>
	Mixto	5,0	4,9	37,1	115,0	7,5 <sup>3</sup>	23,2 <sup>3</sup>
	<b>Total ovejas</b>	<b>8,0</b>	<b>7,8</b>	<b>67,1</b>	<b>182,4</b>	<b>8,4<sup>3</sup></b>	<b>23,4<sup>3</sup></b>
Emisiones después del faenado <sup>4</sup>				0,3	4,1		
Cabras	Pastoreo	2,9	1,1	17,7	27,2	6,1 <sup>3</sup>	24,2 <sup>3</sup>
	Mixto	9,0	3,7	44,3	84,5	4,9 <sup>3</sup>	23,1 <sup>3</sup>
	<b>Total cabras</b>	<b>11,9</b>	<b>4,8</b>	<b>62,0</b>	<b>111,7</b>	<b>5,2<sup>3</sup></b>	<b>23,3<sup>3</sup></b>
Emisiones después del faenado <sup>4</sup>				0,4	1,0		
<b>Total</b>		<b>20,0</b>	<b>12,6</b>	<b>129,8</b>	<b>299,2</b>	<b>6,5<sup>5</sup></b>	<b>23,8<sup>5</sup></b>

<sup>1</sup> Producto: Leche con contenido normalizado de materia grasa y proteínas.

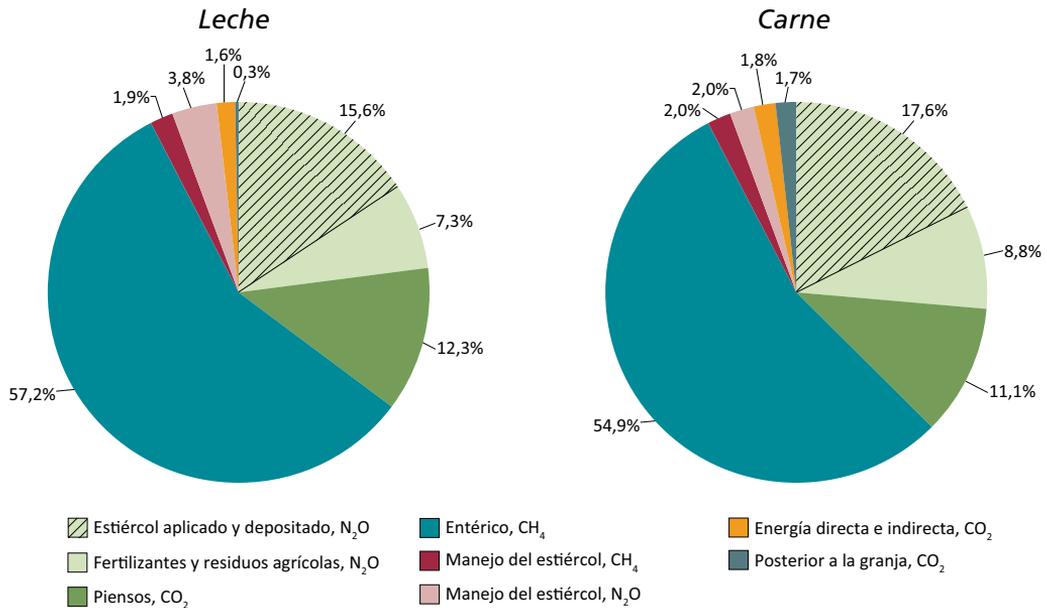
<sup>2</sup> Producto: peso en canal.

<sup>3</sup> No incluye las emisiones posteriores al faenado.

<sup>4</sup> Calculado a nivel de producto y de país.

<sup>5</sup> Incluye las emisiones posteriores al faenado.

**GRÁFICO 14.** Emisiones globales de las cadenas de suministro de leche y carne de pequeños rumiantes, por categoría de emisiones



Fuente: GLEAM.

### Principales fuentes de emisión: fermentación entérica y fertilización de piensos

De manera análoga a los búfalos, más del 55% de las emisiones debidas a la producción de carne y leche de pequeños rumiantes proviene de la fermentación entérica (Gráfico 14). Poco más del 35% de las emisiones se deben a la producción de piensos. En comparación con los búfalos y el ganado vacuno, el consumo de energía posterior al faenado es menor debido a la escasa elaboración. Las emisiones provenientes del estiércol también son menores, porque este se deposita principalmente en los pastizales (Gráfico 15).

La producción tiene lugar principalmente en las regiones menos prósperas, con intensidades de emisiones más altas

Con excepción de la leche en Europa occidental y de la carne de cordero y carnero en Oceanía y Europa occidental, la producción de pequeños rumiantes suele ser más importante en las regiones menos prósperas. (Gráficos 15 y 16).

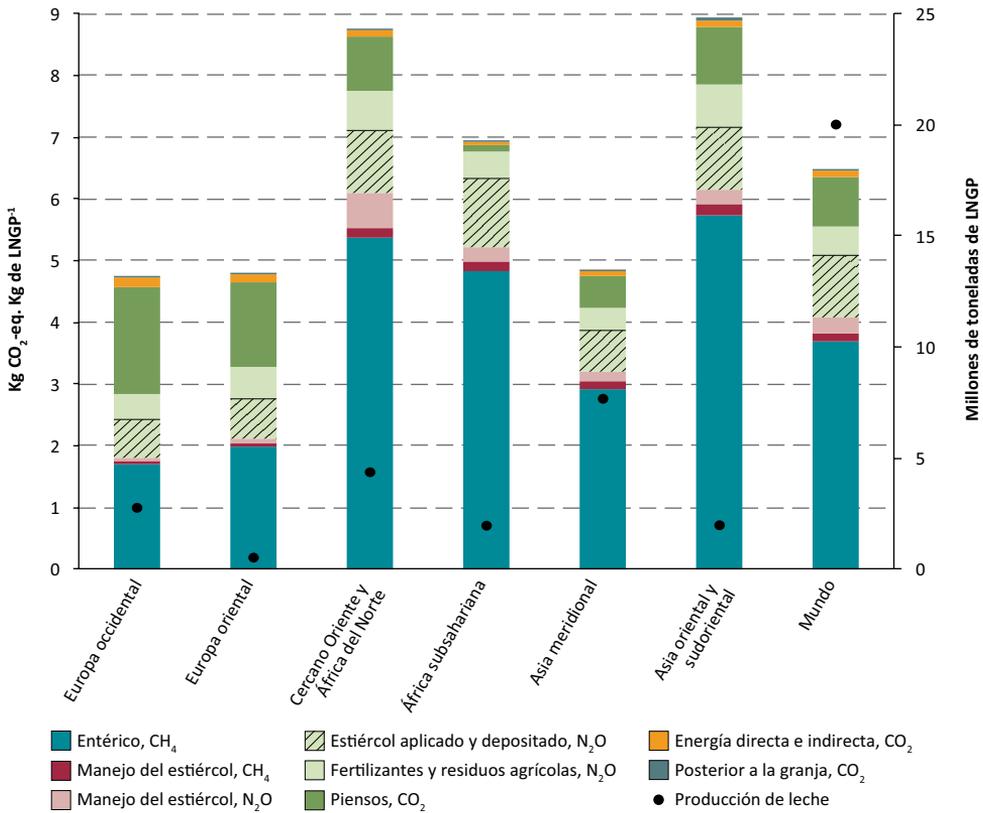
### La producción de fibra puede representar una parte considerable de las emisiones

Los pequeños rumiantes no sólo producen productos comestibles, sino también coproductos importantes como la lana, la cachemira y el mohair. El valor económico relativo se utilizó para dividir las emisiones entre productos comestibles (carne y leche) y productos no comestibles (fibras naturales). En las regiones en que la producción de fibras naturales es importante y tiene un alto valor económico, una parte considerable de las emisiones se puede atribuir a estos productos, lo que reduce las emisiones provenientes de la producción de leche y carne. Globalmente, 45 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq se asignan a la producción de fibra (Gráfico 17).

### 4.4 CERDOS

A nivel mundial, se estima que la producción de cerdos produce alrededor de 668 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, que representan el 9% de las emisiones del sector pecuario.

**GRÁFICO 15.** Variación regional de la producción de leche de pequeños rumiantes e intensidades de emisión de GEI\*



\* Se omiten las regiones que representan menos del 2% de la producción mundial.  
Fuente: GLEAM.

### Principales fuentes de emisión: la producción de piensos y el estiércol

La producción de piensos contribuye con el 48% de las emisiones. Otro 12,7% se asocia al cambio de uso de la tierra causado por la expansión de la soja para la producción de piensos (Gráfico 18). Alrededor del 27% de las emisiones se relacionan con la fabricación de fertilizantes, el uso de maquinaria y el transporte relacionados con la producción de piensos. Cerca del 17% de las emisiones son producto de la fertilización (que emite N<sub>2</sub>O) con fertilizantes inorgánicos y estiércol.

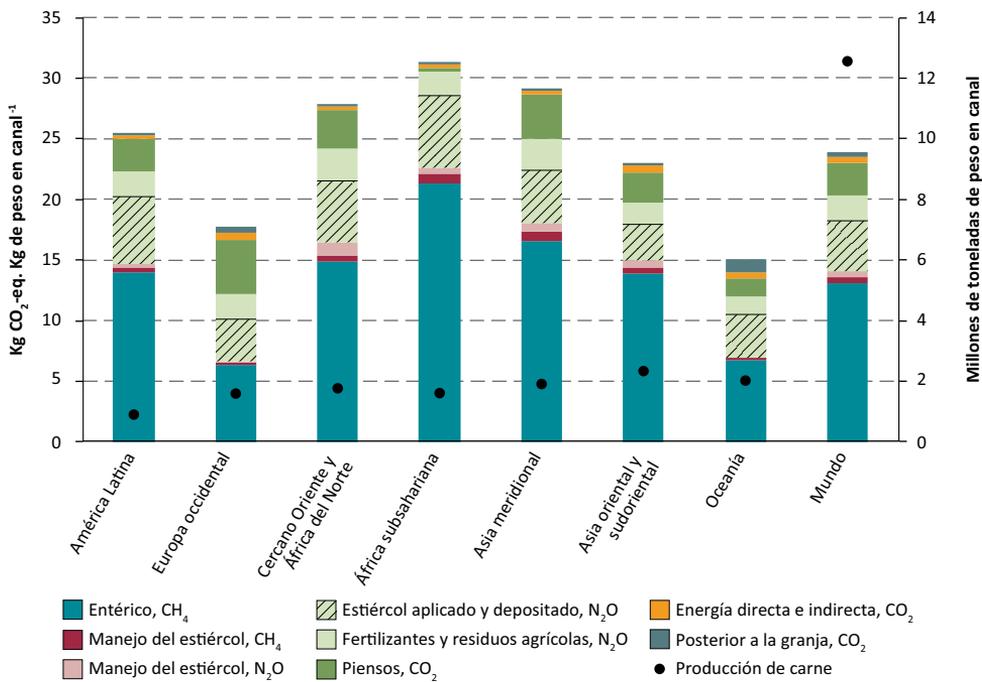
El almacenamiento y elaboración del estiércol es la segunda fuente más importante de emisiones,

y representa el 27,4% de estas. La mayor parte de las emisiones relacionadas con el estiércol se produce en forma de CH<sub>4</sub> (19,2%, debido predominantemente a los sistemas de almacenamiento anaerobio en climas cálidos); el resto se produce en forma de N<sub>2</sub>O (8,2%).

Las emisiones posteriores a las operaciones en la granja relacionadas con la elaboración y el transporte contribuyen moderadamente a la producción total de gases (5,7%).

El consumo de energía en la granja no representan más que el 3,5% de las emisiones; sin embargo, cuando se añaden otros usos de la energía en actividades posteriores a las operaciones en la granja y

**GRÁFICO 16.** Variación regional de la producción de carne de pequeños rumiantes e intensidades de emisión de GEI\*



\* Se omiten las regiones que representan menos del 2% de la producción mundial.

Fuente: GLEAM.

en la producción de piensos, las emisiones totales relacionadas con el uso de la energía ascienden a alrededor de un tercio de las emisiones.

### Menor intensidad de emisiones en los sistemas de cría doméstica

A nivel mundial, la diferencia en lo que se refiere a intensidades de emisión entre los diversos sistemas de producción no es importante. Los sistemas intermedios<sup>15</sup> tienen las intensidades de emisión medias más elevadas, seguidos por los sistemas industriales y los de cría doméstica. Sin embargo, los sistemas industriales representan la mayor parte de la producción y de las emisiones totales (Cuadro 8).

Las emisiones provenientes del estiércol en los sistemas de cría doméstica son relativamente altas, debido a la gran cantidad de sólidos volátiles y ex-

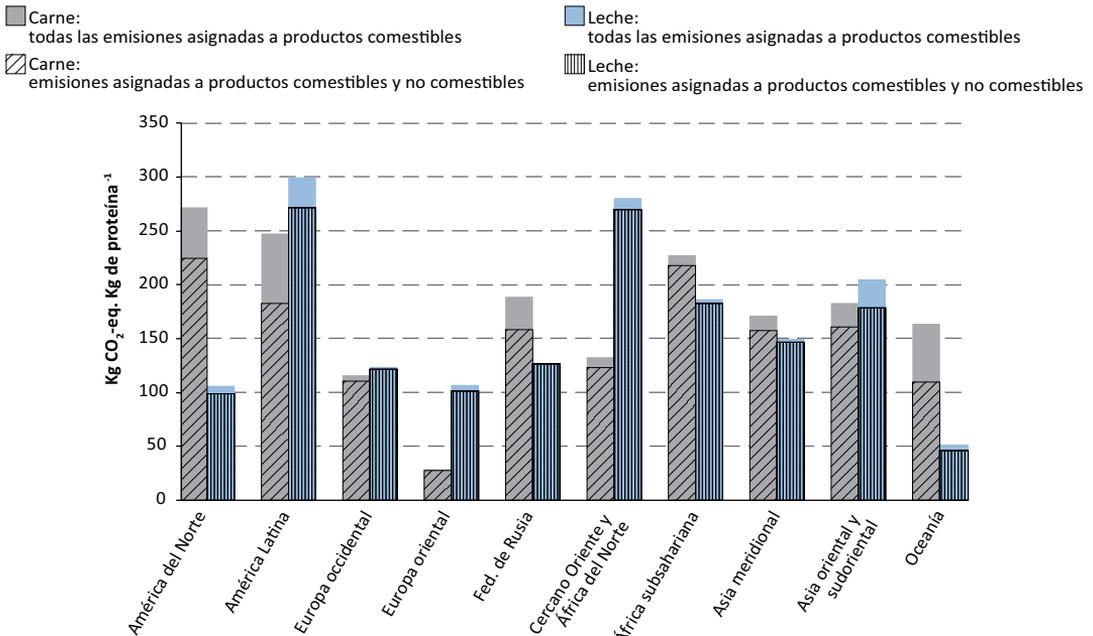
creción de nitrógeno por kilogramo de carne producida. Esto obedece al escaso índice de conversión<sup>16</sup> de piensos de baja calidad. Sin embargo, las elevadas emisiones provenientes del estiércol en los sistemas de cría doméstica se compensan con las emisiones relativamente bajas provenientes de los piensos, dado que el suministro de piensos de baja calidad produce pocas emisiones.

Las intensidades de emisión en los sistemas intermedios son generalmente mayores que en los sistemas industriales. Esto se explica por el menor índice de conversión de pienso y la mayor utilización de productos del arroz en la nutrición de los animales. Una parte considerable de la producción intermedia está localizada en zonas

<sup>16</sup> El índice de conversión de piensos es kilogramo de piensos utilizados por kilogramo de carne producida. El índice de conversión de piensos es un indicador de la eficacia en el uso de los alimentos y está determinado principalmente por la calidad de los piensos, la genética de los animales, la sanidad animal y las prácticas ganaderas.

<sup>15</sup> Los sistemas de explotación se definen basándose en la ración de los animales y el nivel de integración al mercado— véase el Capítulo 2.

**GRÁFICO 17. Emisiones por kilogramo de proteína cárnica y de leche de los pequeños rumiantes, con y sin asignación de emisiones a productos no comestibles**



Fuente: GLEAM.

**CUADRO 8. Producción, emisiones e intensidad de emisión globales para cerdos**

Sistema	Producción (en millones de toneladas)	Emisiones (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	Intensidad de emisión (kg de CO <sub>2</sub> -eq/kg de producto)
Cría doméstica	22,9	127,5	5,6
Intermedio	20,5	133,9	6,5
Industrial	66,8	406,6	6,1
<b>Total</b>	<b>110,2</b>	<b>667,9</b>	<b>6,1</b>

productoras de arroz y utiliza subproductos del arroz como material para piensos (Asia oriental y sudoriental); la producción de arroz cáscara produce CH<sub>4</sub> y tiene intensidades de emisión mayores que la de otros productos de cereales. Las intensidades de emisión más altas también se vinculan con el almacenamiento del estiércol en sistemas anaerobios, que producen emisiones de CH<sub>4</sub> más elevadas.

**Intensidad de emisiones provenientes de los piensos: la causa de las diferencias regionales**

Debido principalmente a preferencias de carácter cultural, la población mundial de cerdos está concentrada geográficamente en determinadas zonas. El 95% de la producción tiene lugar en tres regiones, esto es, Asia oriental, Europa y las Américas (Gráfico 19). Esta concentración geográfica cerca de las zonas de consumo se ha mantenido a lo lar-

go del tiempo a través de la importación de cantidades crecientes de piensos.

Las intensidades de emisiones en las cinco principales regiones productoras varían entre 4,6 y 7,1 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal.

Las diferencias regionales se explican en su mayor parte por la variación del material para piensos en la ración, la productividad de los animal y el clima. En Asia oriental y sudoriental, las emisiones provenientes del estiércol son comparativamente más importantes, debido sobre todo a los tipos de almacenamiento del estiércol y las condiciones climáticas. En Europa y en América Latina y el Caribe, los elevados niveles de intensidad de las emisiones se explican en parte por la alimentación con tortas de soja provenientes de zonas en que ha tenido lugar un cambio de uso de la tierra en los últimos 20 años.

#### 4.5 POLLOS

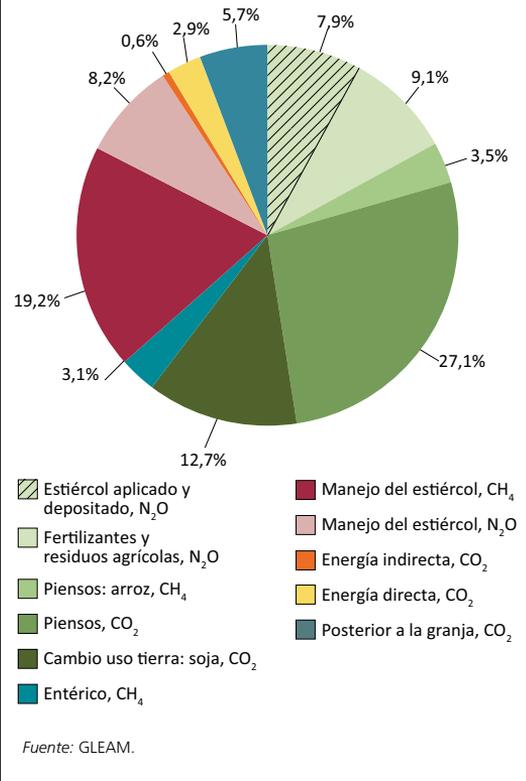
A nivel mundial, las cadenas de suministro de pollos producen 606 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq de emisiones de GEI, que representan el 8% de las emisiones del sector.

##### Principal fuente de emisión: producción de piensos (fertilización, uso de maquinaria y transporte)

La producción de piensos contribuye con cerca del 57% de las emisiones provenientes de las cadenas de suministro de pollos y huevos, con un 21,1% adicional relacionado con la expansión del cultivo de soja en el caso de la carne, y otro 12,7% en el caso de los huevos (Gráfico 20). Las raciones de los pollos de engorde son más ricas en proteínas y contienen, por término medio, un elevado porcentaje de soja proveniente de zonas en que ha tenido lugar una conversión del uso de la tierra.

Las emisiones provenientes del estiércol representan el 20% de las emisiones en el caso de los huevos, pero sólo el 6% en el caso de los pollos de engorde. Esta diferencia se debe a los diversos sistemas de manejo; la mayor parte del estiércol relacionado con la producción de carne se maneja en condiciones secas y aerobias, mientras que en

**GRÁFICO 18.** Emisiones globales de las cadenas de suministro de cerdos, por categoría de emisiones



la producción de gallinas se maneja a menudo en sistemas líquidos con almacenamiento prolongado en fosas.

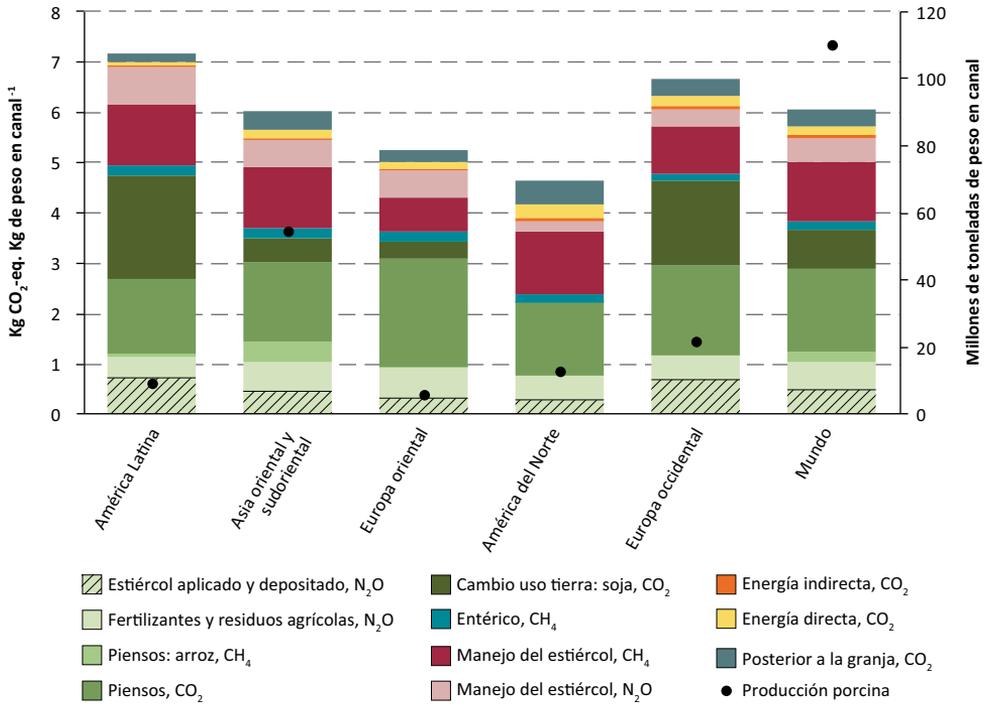
Las emisiones debidas al consumo de energía, incluida la energía directa, el CO<sub>2</sub> proveniente de los piensos y el CO<sub>2</sub> proveniente de las operaciones posteriores a la granja, representan entre el 35% y un 40% de las emisiones totales.

##### Menor intensidad de emisiones en los sistemas industriales

Existen tres tipos de sistemas de producción de pollos: producción de ponedoras de cría doméstica y de ponedoras industriales, que producen carne y huevos; y producción de pollos de engorde, que no produce más que carne.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Los sistemas de explotación se definen basándose en la ración de los animales y el nivel de integración en el mercado (Capítulo 2).

GRÁFICO 19. Variación regional de la producción porcina e intensidades de emisión de GEI\*



\* Se omiten las regiones que representan menos del 2% de la producción mundial.  
Fuente: GLEAM.

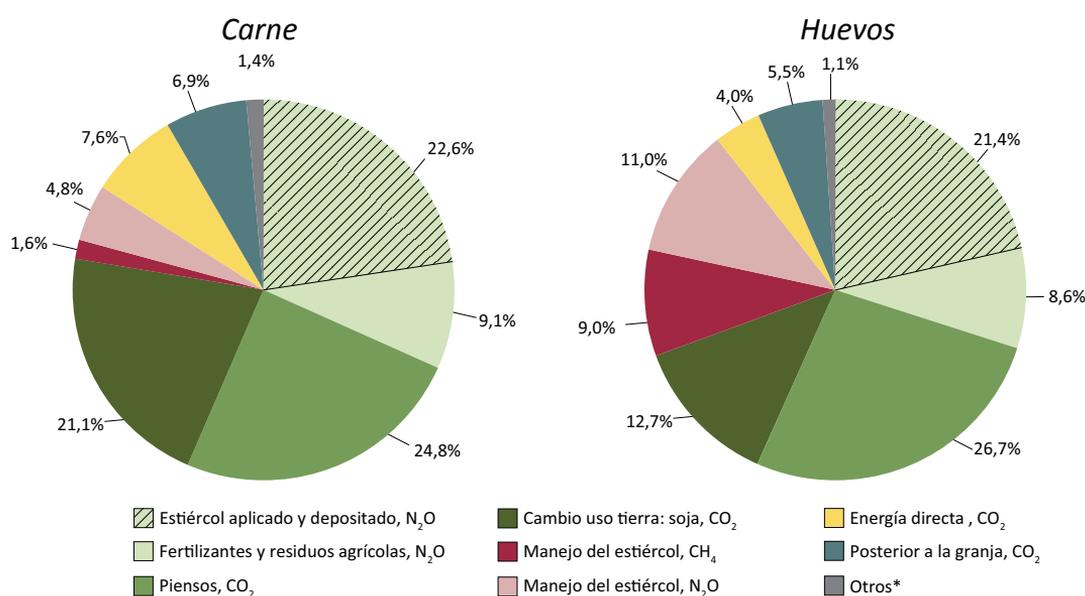
Los pollos de engorde industriales constituyen más del 90% de la producción de carne de pollo, y tienen una intensidad de emisión menor (Cuadro 9). Del mismo modo, la producción de huevos de gallinas ponedoras en sistemas intensivos representa más del 85% de la producción y tiene una intensidad de emisión menor que la producción doméstica de huevos.

Los sistemas de cría doméstica tienen intensidades de emisión mayores, pero representan menos del 10% de las emisiones de GEI. La producción doméstica tiene lugar en pequeñas unidades, en la que los animales crecen lentamente y la producción de huevos por gallina es menor que en los sistemas industriales.

Varios factores explican los mayores niveles de intensidad de emisiones de los sistemas de cría doméstica. Primero, en los sistemas de cría do-

méstica las gallinas tienen bajos índices de conversión de alimentos debido a la calidad relativamente baja de los piensos y a que las aves gastan energía hurgando en busca de residuos con que alimentarse. Segundo, los sistemas de cría doméstica tienen una proporción mayor de animales improductivos (alrededor del 10% de la parvada de cría doméstica, en comparación con el 4% de la parvada de pollos de engorde y el 1% de la parvada de ponedoras). Esto se debe a unas tasas de mortalidad mucho más altas (atribuibles en gran parte a las enfermedades y la depredación) y unas tasas de fertilidad más bajas. En los sistemas de cría doméstica, la intensidad de emisión de N<sub>2</sub>O proveniente del estiércol es mayor debido al escaso índice conversión de alimentos (tasas más elevadas de transformación del nitrógeno de los piensos en emisiones de N<sub>2</sub>O).

**GRÁFICO 20.** Emisiones globales de las cadenas de suministro de carne de pollo y huevos de gallina, por categoría de emisiones



\* Incluye "Pienso: arroz, CH<sub>4</sub>" y "Energía directa, CO<sub>2</sub>".  
Fuente: GLEAM.

**TABLE 9.** Global production, emissions and emission intensity for chickens

System	Production (Million tonnes)		Emissions (Million tonnes CO <sub>2</sub> -eq)		Emission intensity (kg CO <sub>2</sub> -eq/kg product)	
	Eggs	Meat <sup>1</sup>	Eggs	Meat	Eggs	Meat <sup>1</sup>
Backyard	8,3	2,7	35,0	17,5	4,2	6,6
Layers	49,7	4,1	182,1	28,2	3,7	6,9
Broilers		64,8		343,3		5,3
<b>Totals</b>	<b>58,0</b>	<b>71,6</b>	<b>217,0</b>	<b>389,0</b>	<b>3,7</b>	<b>5,4</b>

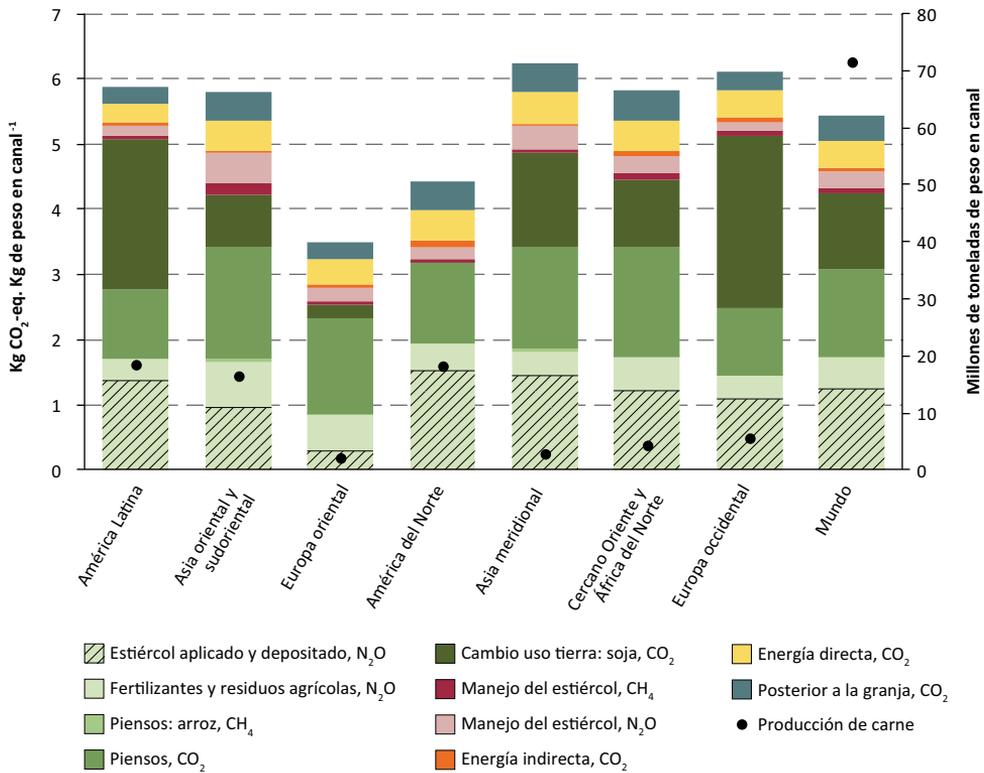
<sup>1</sup> Product: CW.

### Intensidades de emisión similares en las tres principales regiones productoras

Las regiones de América Latina y el Caribe, América del Norte y Asia oriental y sudoriental dominan la producción de carne de pollo, y la última de ellas domina también la producción de huevos (Gráficos 21 y 22). En las tres principales regiones productoras, las intensidades de emisión medias son similares, lo que refleja la relativa uniformización de los sistemas de producción y la seme-

janza de los niveles tecnológicos. Sin embargo, los sistemas de América del Norte generalmente tienen una intensidad de emisión ligeramente inferior como consecuencia de la buena conversión de alimentos y la baja intensidad de emisiones relacionadas con estos (cerca de 1 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de materia seca). Los piensos con intensidades de emisiones más elevadas, relacionados con el abastecimiento de piensos provenientes de zonas de deforestación, hacen que

GRÁFICO 21. Variación regional de la producción de carne de pollo e intensidades de emisión de GEI\*



\* Se omiten las regiones que representan menos del 2% de la producción mundial.  
Fuente: GLEAM.

las intensidades de emisiones sean mayores en Europa occidental y en América Latina y el Caribe. En Asia oriental y sudoriental, los bajos índices de conversión de piensos y el mayor almacenamiento del estiércol en condiciones anaerobias explican el nivel de emisiones más elevado en comparación con América del Norte.

#### 4.6 OBSERVACIONES INTERSECTORIALES

##### Emisiones de GEI y eficacia en el uso de los recursos naturales

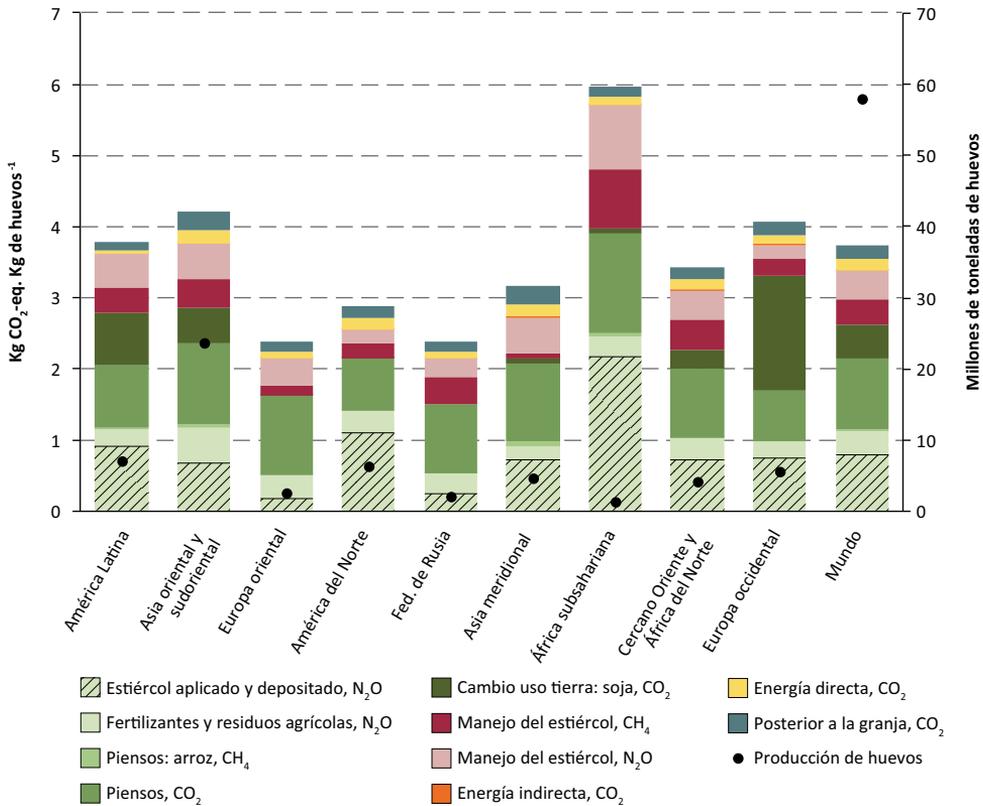
Para los climatólogos, el CH<sub>4</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CO<sub>2</sub> son GEI liberados a la atmósfera. Sin embargo, para los productores ganaderos, estas emisiones son pérdidas de energía, nutrientes y materia orgánica del

suelo. Sus emisiones a menudo reflejan la falta de eficacia en el uso de los insumos y recursos iniciales. Estas pérdidas merman la eficacia y, a menudo, la viabilidad económica de las cadenas de suministros.

##### Metano

Las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico implican una pérdida de energía para el sistema de producción: parte de la energía ingerida como pienso se pierde en forma de CH<sub>4</sub>, en lugar de ser asimilada por los animales y utilizada para la producción. Los productores ganaderos realizan considerable esfuerzos para producir piensos o llevar los animales a los pastizales; los piensos son generalmente la principal partida de gasto de la producción en los sistemas mixtos e intensivos. Por tanto, desperdiciar parte de

GRÁFICO 22. Variación regional de la producción de huevos de gallina e intensidades de emisión de GEI\*



\* Se omiten las regiones que representan menos del 2% de la producción mundial.  
Fuente: GLEAM.

la energía de los piensos en forma de CH<sub>4</sub> no es sólo una cuestión de cambio climático, sino que perjudica también a la producción. Además, la producción de piensos moviliza recursos naturales, como el agua, la tierra, los combustibles fósiles y el fósforo; su despilfarro también es perjudicial para otras dimensiones de la sostenibilidad del medio ambiente.

Del mismo modo, las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del estiércol son otra forma de pérdida de energía que se puede recuperar cuando el estiércol se introduce en un digestor de biogás.

El total de las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico del sector ascienden a 2,7 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año, o 144 millones de toneladas de petróleo equivalente por año, es decir, aproximadamente el uso de energía de Sudáfrica (Banco Mundial,

2013). Las emisiones totales de CH<sub>4</sub> provenientes del estiércol asciende a 300 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año, o 16 millones de toneladas de petróleo equivalente por año, es decir, aproximadamente el uso de energía de Irlanda.

Mientras que las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del estiércol se puede recuperar en gran parte, las pérdidas de CH<sub>4</sub> entérico no se pueden evitar más que de manera limitada dados los conocimientos actuales. A pesar de ello, estas cifras dan una impresión de la magnitud de la pérdida. Este hecho no ha pasado desapercibido a los productores, y actualmente la mejora de la eficacia energética de los piensos es el principal argumento para el uso de lípidos comestibles, y la reducción de las emisiones entéricas se consideran un beneficio colateral.

## Óxido nítrico

Las emisiones de  $N_2O$ , ya sean directas o indirectas por pérdidas de  $NH_3$ , son formas de pérdida de nitrógeno. El nitrógeno es un macronutriente de las plantas, que es fundamental para mejorar el rendimiento. Suministrar nitrógeno reactivo a las plantas (en forma de estiércol o de fertilizante inorgánico) y conservar el nitrógeno en los suelos mediante prácticas agronómicas representa un gasto considerable para los productores. Además, implican niveles elevados de consumo de combustible fósil.

Las emisiones de  $N_2O$  provenientes del almacenamiento y la elaboración del estiércol, y de su aplicación a los cultivos y pastizales, representan cerca de 3 millones de toneladas de nitrógeno. Esta cantidad es aproximadamente el 15% del uso de fertilizante nitrogenado que se puede atribuir a la producción de piensos (cultivos y pastizales) para el sector ganadero (FAO, 2006).

Pérdidas adicionales de nitrógeno tienen lugar en forma de emisiones de  $NH_3$  y  $NO_x$  en la atmósfera, y de lixiviación de formas solubles de nitrógeno en las aguas subterráneas. Mientras que esta última no se cuantifica en esta evaluación, se estima que las emisiones de  $NH_3$  y  $NO_x$  representan pérdidas considerable de nitrógeno: se calcula que las emisiones de  $NH_3$  y  $NO_x$  debidas a la aplicación del estiércol a los cultivos y pastizales y al almacenamiento y elaboración del estiércol representan 26 millones de toneladas de nitrógeno y 17 millones de toneladas de nitrógeno, respectivamente. Aunque no contribuyen al cambio climático, estas emisiones plantean otros problemas ambientales, como la acidificación y eutrofización de los hábitat naturales.

## Dióxido de carbono

Las emisiones de  $CO_2$  guardan relación con el consumo de combustible fósil y las actividades de aprovechamiento de la tierra.

El consumo de energía *in situ* es generalmente marginal en la estructura de los costos de producción, pero a veces puede ser elevado, como por ejemplo en sistemas de producción intensiva de leche. Es posible aumentar la eficacia en el uso de

la energía mediante prácticas de gestión mejoradas (por ejemplo, mantenimiento del equipo y tiempo de operación) y dispositivos para ahorrar energía (por ejemplo, bombas de calor y aislamiento térmico), que reducen las emisiones y los gastos de energía en las unidades de producción y las plantas de elaboración.

La materia orgánica del suelo, que es la forma primaria del carbono en los suelos, cumple varias funciones. Desde el punto de vista de la agricultura, es importante como “fondo rotatorio de nutrientes”, y como agente para mejorar la estructura, mantener la arabilidad y minimizar la erosión de los suelos (FAO, 2005). Cuando la materia orgánica del suelo se pierde, debido ya sea a prácticas agrícolas inadecuadas relacionadas con la producción de piensos o a la degradación de los pastizales, la productividad de la tierra disminuye con el tiempo.

## Contribución importante aunque mal comprendida del aprovechamiento y el cambio de uso de la tierra

Se estima que el cambio de uso de la tierra contribuye con el 9,2% del total de las emisiones de GEI del sector (6% debido a la expansión de los pastizales y el resto a la expansión de los cultivos forrajeros).

Aunque relativamente limitadas con respecto al promedio mundial y a todas las especies, las emisiones debidas a un cambio de uso de la tierra son considerablemente mayores en algunas cadenas de suministro y regiones específicas. Ascenden al 15% en la producción de carne de vacuno (vinculada a la expansión de los pastizales) y al 21% en la producción de carne de pollo (vinculada a la expansión de la soja). Dado que la soja es objeto de un amplio comercio internacional, las emisiones debidas a la expansión de su cultivo en América Latina y el Caribe se atribuyen en realidad a las unidades de producción del mundo que utilizan tortas de soja importadas de esta región. Es diferente en el caso de la expansión de los pastizales, donde las emisiones inducidas se atribuyen completamente a la producción local. Como consecuencia, las emisiones debidas a un cambio de uso

de la tierra ascienden a 24 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal de carne de vacuno en América Latina y el Caribe, esto es, el 33% del total de las emisiones.

Los factores impulsores de los cambios de uso de la tierra y la atribución de las emisiones conexas, así como los métodos disponibles para calcular las emisiones del cambio de uso de la tierra, continúan siendo objeto de largos debates.

Como se observó anteriormente, en el presente informe se siguen las directrices del IPCC (IPCC, 2006) y tres enfoques alternativos se sometieron a prueba en el marco de un análisis de sensibilidad parcial de los resultados. Las emisiones del cambio de uso de la tierra calculadas para la Argentina variaron entre 0,3 kilogramos y 4,2 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de torta de soja, y entre 3,0 kilogramos y 7,7 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de torta de soja producida en el Brasil (los valores resultantes del método del IPCC y utilizados en esta evaluación son de 0,9 kilogramos para la Argentina y 7,7 kilogramos para el Brasil).

En este análisis no se pudieron estimar las variaciones en las reservas de carbono del suelo bajo prácticas de manejo de uso de la tierra constantes debido a la falta de modelos y bases de datos mundiales. Sin embargo, se ensayó el efecto de esta simplificación en el caso de la Unión Europea, para la que se disponían de datos [Sousana *et al.*, 2010]. Los pastizales permanentes en la Unión Europea representan un sumidero de  $3,1 \pm 18,8$  millones de toneladas de carbono por año (o  $11,4 \pm 69,0$  millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año) equivalentes al 3% ( $\pm 18\%$ ) de las emisiones anuales del sector de los rumiantes en la Unión Europea. Por tanto, la retención o las emisiones netas de carbono en los pastizales permanentes bajo prácticas de manejo estables pueden ser importantes, pero la incertidumbre sobre los parámetros de cálculo es tal que no se puede afirmar con certeza si los pastizales permanentes son un sumidero neto o una fuente de emisiones. La importancia relativa de las emisiones relacionadas con el aprovechamiento de la tierra puede ser incluso mayor en otras partes del mun-

do donde los pastizales permanentes son mucho más difundidos y la retención del carbono es mayor (por ejemplo, África, América Latina y el Caribe).

Sin embargo, se necesita comprender mejor la dinámica del carbono orgánico del suelo en los pastizales y desarrollar métodos y modelos de seguimiento y predicción de los cambios en las reservas de carbono para incluir esta categoría de emisiones en las evaluaciones globales (FAO, 2013b).

### Correlación entre productividad e intensidad de emisión

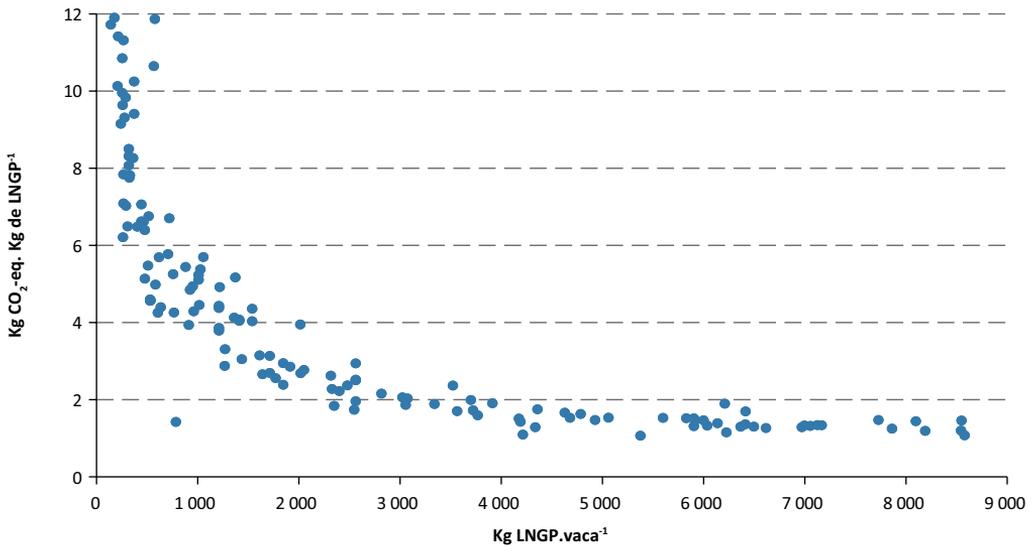
#### Rumiantes

En la producción de rumiantes, existe una fuerte relación entre productividad e intensidad de emisión: hasta un nivel relativamente alto de productividad, la intensidad de emisiones disminuye mientras el rendimiento aumenta.

Gerber *et al.* (2011) demostraron la existencia de esta relación en el caso de la leche, e indicaron cómo las diferencias de productividad explicaban la variación en la intensidad de las emisiones entre países. En el Gráfico 23 se pone de relieve la fuerte correlación existente entre la producción por vaca y la intensidad de emisión por unidad de producto producido.

Los animales de alto rendimiento que producen más leche por lactación generalmente muestran menores intensidades de emisión debido a tres motivos principales. Primero, porque las emisiones se reparten entre más unidades de leche, diluyendo así las emisiones relativas a las necesidades de mantenimiento de los animales. Segundo, porque los aumentos de productividad a menudo se logran mediante prácticas y tecnologías mejoradas, lo que también contribuye a la reducción de las emisiones, como los piensos de alta calidad y la selección genética de animales de alto rendimiento. Tercero, porque los aumentos de productividad generalmente se logran mediante prácticas de manejo del hato, sanitarias y ganaderas que aumentan la proporción de recursos utilizados

**GRÁFICO 23.** Relación entre productividad e intensidad de emisión de la leche (promedios nacionales)



Fuente: Gerber et al., 2011.

para fines productivos, y no simplemente para el mantenimiento de los animales. Ello da lugar a una reducción de la biomasa total (en los hatos en lactación y en los de reposición) por unidad de leche producida. Por tanto, el impacto por unidad de leche se reduce tanto a nivel de las vacas como de la cabaña lechera.

Por consiguiente, en los sistemas de producción de rumiantes de bajo rendimiento existe grandes posibilidades de mitigar las emisiones. La mejora de la productividad de los distintos animales y de la cabaña puede dar lugar a una reducción de las intensidades de emisión y, al mismo tiempo, a un aumento de la producción de leche.

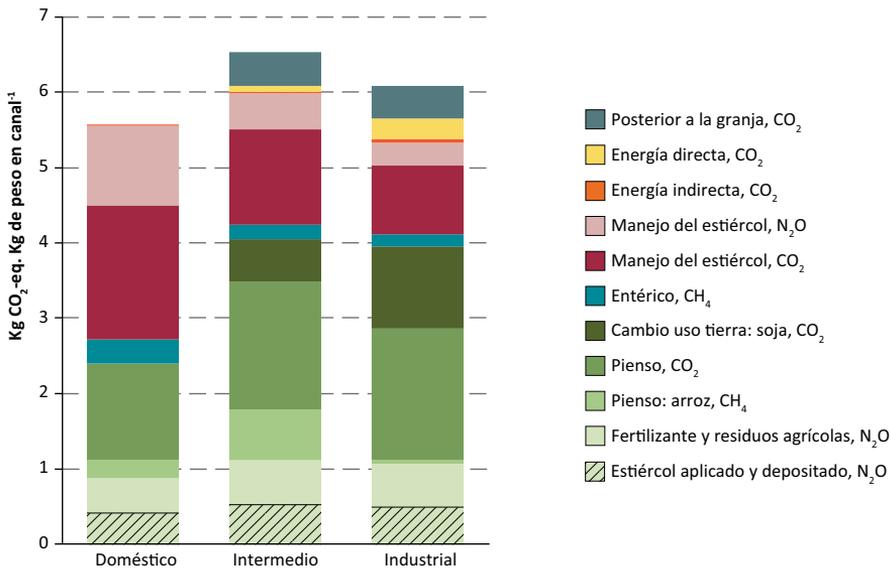
### Especies monogástricas

La relación entre los aumentos de productividad y las emisiones muestra un perfil diferente en el caso de las especies monogástricas.

En la producción porcina, la relación entre la intensificación y la intensidad de emisión sigue una

relación en forma de U ligeramente inversa (Gráfico 24). En el extremo inferior del espectro de la productividad, la intensidad de emisión es baja en los sistemas de cría doméstica. La ración de piensos se compone principalmente de desechos y subproductos con baja intensidad de emisión que compensan las elevadas emisiones del estiércol por unidad de producto debido al escaso equilibrio nutritivo y la escasa digestibilidad. En cambio, los sistemas industriales caracterizados por una alta productividad tienen una intensidad de emisión ligeramente superior en un promedio global a la de los sistemas de cría doméstica. Tienen índices de conversión de alimentos optimizados, pero resultan penalizados por la intensidad de emisión relativamente alta de los materiales para piensos de los que dependen (aumentada por el consumo de energía y el cambio de uso de la tierra). La mayor intensidad de emisión se observa en los sistemas intermedios, que combinan una intensidad de emisión de los piensos relativamente alta con índi-

**GRÁFICO 24.** Intensidad de emisiones globales de las cadenas de suministro de cerdos, por principales sistemas de producción



Fuente: GLEAM.

ces moderados de conversión de piensos. Las intensidades de emisión derivadas del estiércol, que no se relacionan con los sistemas de explotación agrícola sino con el clima y las prácticas locales de manejo del estiércol, hacen más borrosa la relación entre productividad e intensidad de emisión.

La posibilidad de aumentar la producción doméstica resulta limitada por la disponibilidad del materiales para pienso de los que dependen estos sistemas. Sin embargo, existe un grande potencial de mitigación en la mejora de los sistemas intermedios para aumentar la eficacia del hato. Además, independiente del sistema de producción, el

almacenamiento, la elaboración y las prácticas de aplicación del estiércol se pueden modificar para mitigar las emisiones.

En los pollos, los sistemas de producción de pollos de engorde y de ponedoras muestran niveles menores de intensidad de emisión que los sistemas de cría doméstica para carne y huevos. Los piensos representan el 75% aproximadamente de las emisiones en los sistemas intensivos, por lo que el tipo y origen de los materiales para piensos explican la mayor parte de la variabilidad de la intensidad de emisión en estos sistemas.

## MENSAJES PRINCIPALES DEL CAPÍTULO 5

- El potencial para reducir las emisiones del sector es vasto. Existen tecnologías y prácticas que ayudan a reducir las emisiones, pero su uso no está muy difundido. La adopción y utilización de prácticas y tecnologías mejores por parte de la mayoría de los productores del mundo puede dar lugar a importantes reducciones de las emisiones.
- Las intensidades de emisión (emisiones por unidad de producto animal) varían mucho entre las unidades de producción, inclusive dentro de sistemas de producción similares. Las diferencias en lo que se refiere a condiciones agroecológicas, prácticas de explotación y manejo de las cadenas de suministro explican esta variabilidad. En la diferencia entre las unidades de producción con intensidades de emisión más bajas y aquellas con intensidades de emisión más altas existe un importante potencial para la mitigación.
- Las emisiones se podrían reducir entre un 18% y un 30% (o de 1,8 a 1,1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq), si los productores de un sistema, una región y un clima determinados adoptaran las prácticas aplicadas actualmente por el 10% al 25% de los productores con las intensidades de emisión más bajas.
- El manejo mejorado de las tierras de pastoreo también ofrece esperanzas en lo que se refiere a la mitigación. Puede contribuir a la retención del carbono en una medida de hasta 0,4 a 0,6 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq.
- El potencial de mitigación se puede alcanzar en el marco de los sistemas existentes; esto quiere decir que el potencial se puede lograr gracias a la mejora de las prácticas, y no a un cambio de sistemas de producción (esto es, pasar del sistema de pastoreo al sistema mixto o del doméstico al industrial).
- Se pueden reducir las emisiones en todos los climas, regiones y sistemas de producción.
- La adopción de tecnologías y prácticas más eficaces es fundamental para reducir las emisiones. Las posibles intervenciones para reducir las emisiones se basan, en gran medida, en tecnologías y prácticas que mejoran la eficacia de producción a nivel de los animales y el hato. Entre estas figuran las prácticas de alimentación mejoradas para reducir las emisiones entéricas y del estiércol, y el manejo mejorado de la producción y la sanidad animal para reducir la parte improductiva del hato (menos animales suponen menos insumos, menos rechazos y menos emisiones para el mismo nivel de producción).
- Las prácticas de manejo del estiércol que garantizan la recuperación y el reciclaje de los nutrientes y la energía contenidos en el estiércol, y la utilización más eficaz de la energía a lo largo de las cadenas de suministro también son opciones de mitigación.
- La mayoría de las tecnologías y prácticas que mitigan las emisiones también mejoran la productividad y pueden contribuir a la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza dado que el planeta debe alimentar a una creciente población.
- El mayor potencial de mitigación proviene de los sistemas de cría de rumiantes de baja productividad, por ejemplo, en América Latina y el Caribe, Asia meridional y África subsahariana. Parte del potencial de mitigación se puede lograr mediante la mejora de la eficacia de los animales y el hato.
- El potencial de mitigación también es importante en los sistemas intermedios de producción de cerdos de Asia oriental y sudoriental.
- Los países más prósperos, en los que las intensidades de emisión de la producción de rumiantes son relativamente bajas pero los volúmenes de producción y de emisiones son elevados, también ofrecen un importante potencial para la mitigación. En estas zonas, en que la eficacia del hato a menudo es ya alta, se puede lograr la mitigación mediante el aumento de la eficacia en las granjas, por ejemplo, a través de la gestión mejorada del estiércol y dispositivos que ahorran energía.



# MARGEN PARA LA MITIGACIÓN

Se puede llegar a recortar las emisiones del sector reduciendo la producción y el consumo, disminuyendo las intensidades de emisión o mediante una combinación de ambas opciones.

En esta evaluación no se examina el potencial de la reducción del consumo de productos pecuarios. Sin embargo, varios autores han evaluado el hipotético potencial de mitigación de diferentes escenarios de cambios de dieta (por ejemplo, véase Stehfest *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2013); sus trabajos demuestran el efecto sustancial de la mitigación y su costo relativamente bajo en comparación con otras estrategias de mitigación. También se señalan los efectos positivos de la reducción del consumo de proteínas de origen animal en la salud humana entre las poblaciones que consumen niveles elevados de productos de origen animal (McMichael *et al.*, 2007; Stehfest *et al.*, 2009).

Existen muchas opciones técnicas para mitigar las emisiones de GEI a lo largo de las cadenas de suministro ganadero. Estas quedan comprendidas dentro de las siguientes categorías: 1) opciones relacionadas con los complementos de los piensos y el manejo de los piensos o la alimentación (sólo para el CH<sub>4</sub>); 2) opciones para el manejo del estiércol, que incluyen el manejo de la dieta pero que se centran en las opciones “de la etapa final” para las fases de la gestión del estiércol relativas al almacenamiento, la

manipulación y la aplicación; 3) opciones de cría de animales, que incluye las prácticas y tecnologías de manejo animal y reproductivo. En el Recuadro 2 se describen las prácticas y tecnologías recomendadas por la FAO (FAO, 2013c) por su eficacia.

## 5.1 POTENCIAL DE MITIGACIÓN

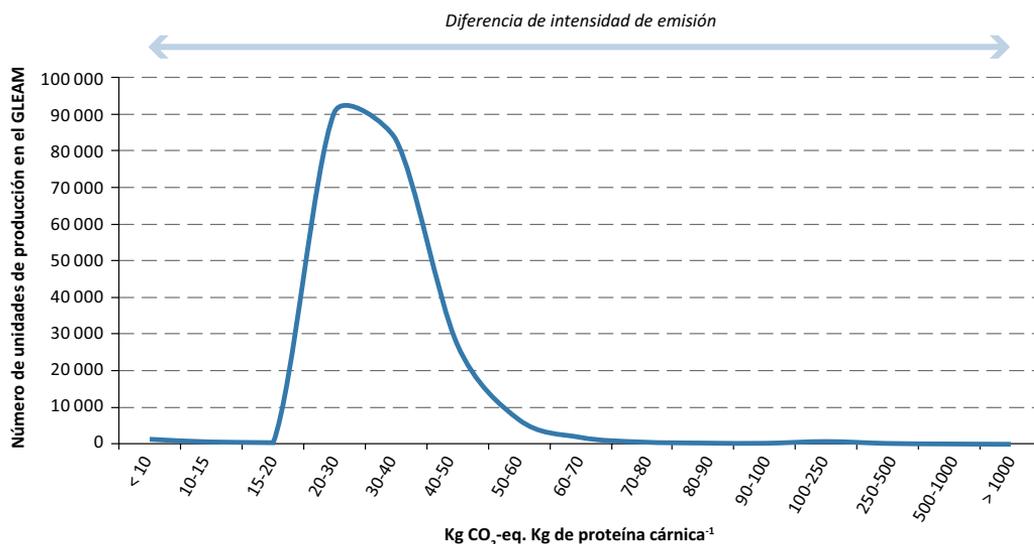
En las secciones anteriores se ha descrito la gran variabilidad de las intensidades de emisión a escala mundial y regional, y se ha señalado la existencia de una amplia diferencia en cuanto a intensidad de emisiones entre el productor con la menor intensidad de emisiones y el productor con la mayor intensidad de emisiones. Esta diferencia también se observa en el interior de conjuntos discretos de productos básicos, sistemas de producción, regiones y zonas agroecológicas, como se pone de relieve en los Gráficos 25 y 26.

Esta diferencia ofrece posibilidades para mitigar las emisiones en el interior de los sistemas existentes.

### Orden de magnitud

Las potencialidades del sector para mitigar las emisiones de GEI son importantes, y es posible lograr reducciones significativas mediante la atenuación de las diferencias en cuanto a intensidades de emisión entre los productores de la misma región y sistemas de producción.

**GRÁFICO 25.** Ejemplo de diferencias de intensidades de emisión - distribución de unidades de producción de pollos de engorde en el GLEAM según sus intensidades de emisión en zonas templadas de Asia oriental y sudoriental



Fuente: GLEAM.

### Potencial de mitigación dentro de los sistemas de producción existentes

Se estima que las emisiones del sector se podrían reducir en un 30% aproximadamente (alrededor de 1,8 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq) si los productores de un sistema, región o zona agroecológica determinados aplicaran las prácticas del 10% de los productores con la menor intensidad de emisiones (10° percentil)<sup>18</sup> (Cuadro 10), manteniendo constante la producción. En el caso de que los productores aplicaran las prácticas del 25% de los productores con menor intensidad de emisiones (25° percentil), las emisiones del sector se podrían reducir en un 18% aproximadamente (alrededor de 1,1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq). Estas estimaciones se basan en varios supuestos, entre otros en la existencia de políticas y señales de mercado favorables para superar los obstáculos que se oponen a la adopción de prácticas de producción más eficaces. Estas cifras no deben tenerse en cuenta más que como un orden de

magnitud y tienen que considerarse en vista de los innumerables supuestos y simplificaciones que este análisis de las diferencias agregadas supone (Recuadro 3).

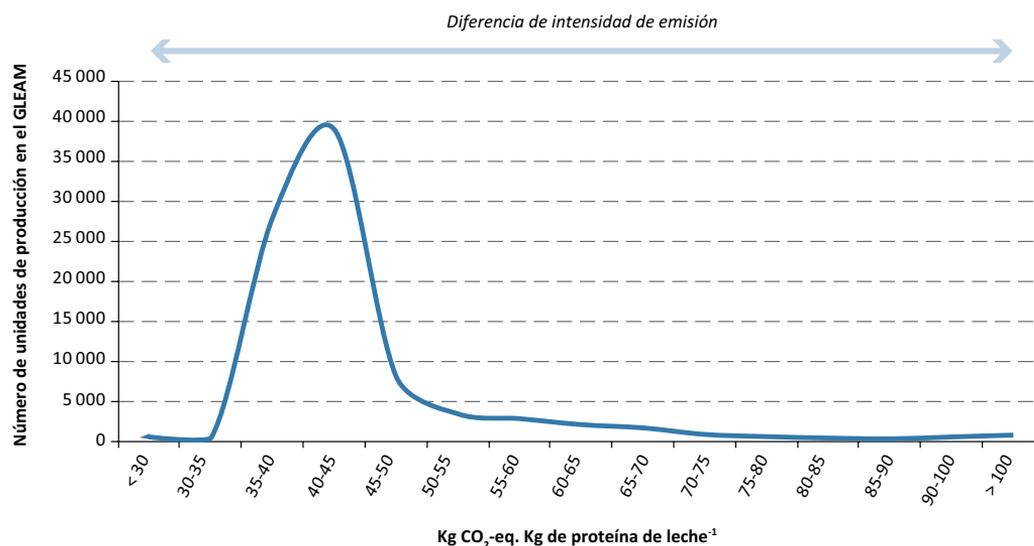
Este potencial de mitigación no implica ningún cambio de sistema de explotación agrícola y se basa en las tecnologías existentes o que ya se han aplicado.

Este vasto potencial de mitigación se observa en relación con las diferentes especies. Las reducciones de las emisiones son casi proporcionales a las emisiones actuales ocasionadas por las diferentes especies: el ganado vacuno ofrece el potencial mayor (65%), seguido por los pollos (14%), los búfalos (8%), los cerdos (7%) y los pequeños rumiantes (7%).

Cabe observar que el potencial de mitigación se estima con una producción constante. Sin embargo, el sector está en crecimiento y se prevé que siga haciéndolo en los próximos decenios. Además, la divulgación de las prácticas de producción del 10° (25°) cuantil de un sistema, región y clima determinados entre todos los productores de dicha región puede aumentar la productividad. La combinación

<sup>18</sup> Intensidad de emisión media de cada combinación única de productos básicos, sistema de producción, región y zona agroecológica establecida en el nivel del 10° (25°) percentil más bajo.

**GRÁFICO 26.** Ejemplo de diferencias de intensidades de emisión – distribución de unidades de producción de ganado lechero en el GLEAM según sus intensidades de emisión en sistemas mixtos en zonas templadas de Europa occidental



Fuente: GLEAM.

de las reducciones en la intensidad de emisión y el crecimiento de la producción determinará el efecto neto de la mitigación.

### Potencial de mitigación que permite cambios entre sistemas de producción

Permitir cambios entre sistemas de producción (pero no entre producto o región y zona agroecológica) producirá moderados beneficios adicionales (Cuadro 10). Las emisiones se reducirían en un 32% si todos los productores de una región y clima determinados aplicaran las prácticas del 10º percentil<sup>19</sup>, y en un 20% si aplicaran las prácticas del 25º percentil.

Esto indica que la heterogeneidad de prácticas y las diferencias resultantes en cuanto a intensidades de emisión dentro de los sistemas de producción utilizados en este análisis es casi tan amplia como la heterogeneidad de prácticas entre los sistemas de producción.

Aunque el potencial de mitigación identificado en esta evaluación no requiere un cambio de sistema, ni tampoco un cambio en la combinación de productos generados por el sector (esto es, leche, huevos y carne de vacuno, entre otros), estos cambios se están produciendo de hecho y afectan a la intensidad de emisión total de la ganadería. Los dos productos que actualmente muestran los mayores índices de crecimiento se encuentran entre los que tienen intensidades de emisión medias mundiales más bajas, a saber, la leche y las aves de corral (FAOSTAT, 2013), lo que tenderá a reducir la intensidad de emisión media por unidad de proteína. Estos cambios se acentúan aún más por el hecho de que la mayor parte del crecimiento está ocurriendo en los sistemas de alta productividad (leche) e intensificados (pollos de engorde y gallinas ponedoras industriales), que generalmente tienen las intensidades de emisión más bajas.

### Una estimación prudente

La reducción de las emisiones estimada a través del análisis estadístico de las diferencias en cuanto a in-

<sup>19</sup> La intensidad de emisión media de cada combinación única de producto básico, región y zona agroecológica establecida en el nivel del 10º(25º) percentil más bajo.

## RECUADRO 2. EXAMEN DE LAS TÉCNICAS Y PRÁCTICAS DISPONIBLES PARA MITIGAR LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS AL CO<sub>2</sub>

La FAO ha emprendido recientemente una amplia revisión de las publicaciones sobre las técnicas y prácticas disponibles para la mitigación en la producción pecuaria (FAO, 2013c; Gerber *et al.*, 2013). El examen se focaliza en las opciones de mitigación relativas a las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico y a las de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes del estiércol. En los Cuadros A, B y C se presenta un resumen de este examen.

La manipulación de la dieta y los aditivos para piensos se han considerado los métodos principales para la mitigación de la producción de CH<sub>4</sub> entérico. En general, se estima que, en emisiones absolutas, su eficacia es de baja a media, pero algunas de estas opciones pueden lograr niveles de intensidad de emisiones considerablemente menores mediante la mejora de la eficacia de los piensos y de la productividad animal. Las dietas también afectan a las emisiones provenientes del estiércol, al modificar el contenido de este: la composición de

las raciones y los aditivos influyen en la forma y la cantidad de nitrógeno en la orina y las heces, así como en la cantidad de materia orgánica fermentable en las heces.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes al estiércol se pueden controlar eficazmente acortando la duración del almacenamiento, garantizando condiciones aerobias o capturando el biogás emitido en condiciones anaerobias. Sin embargo, resulta mucho más difícil prevenir las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O una vez excretado el nitrógeno. Las técnicas que evitan las emisiones durante las fases iniciales del manejo conservan el nitrógeno en el estiércol, que a menudo es liberado en fases posteriores. Por tanto, la mitigación eficaz de las pérdidas de nitrógeno en una determinada forma (por ejemplo, NH<sub>3</sub>) resulta compensada a menudo por pérdidas de nitrógeno en otras formas (por ejemplo, N<sub>2</sub>O o NO<sub>3</sub>). Estos efectos de transferencia se debe tener en cuenta cuando se diseñan prácticas de mitigación.

### CUADRO A. Técnicas y prácticas disponibles para la mitigación de emisiones de gases distintos al CO<sub>2</sub>: aditivos para piensos y prácticas de alimentación

Práctica/tecnología	Efecto de mitigación potencial del CH <sub>4</sub> <sup>1</sup>	Efecto a largo plazo establecido	Inocuo para el medio ambiente o para los animales
<b>Aditivos para piensos</b>			
Nitrato	Alto	No?	NN
Ionóforos	Bajo	No?	Si?
Compuestos bioactivos de plantas			
Taninos (condensados)	Bajo	No?	Si
Lípidos comestibles	Medio	No?	Si
<b>Manipulación del rumen</b>	Bajo	No	Si?
<b>Inclusión de concentrado en la ración</b>	De bajo a medio	Si	Si
<b>Calidad y manejo del forraje</b>	De bajo a medio	Si	Si
<b>Manejo del pastoreo</b>	Bajo	Si	Si
<b>Elaboración de piensos</b>	Bajo	Si	Si
<b>Macrocomplementación (en caso de deficiencia)</b>	Medio	Si	Si
<b>Microcomplementación (en caso de deficiencia)</b>	NA	No	Si
<b>Mejoramiento de la calidad de la paja</b>	Bajo	Si	Si
<b>Alimentación de precisión y análisis de piensos</b>	De bajo a medio	Si	Si

<sup>1</sup> Alto = ≥ 30% de efecto de mitigación; Medio = del 10% al 30% de efecto de mitigación; Bajo = ≤ 10% de efecto de mitigación. Los efectos de mitigación se refieren a la variación porcentual respecto de una "práctica estándar", es decir, un control de estudio que se utilizó con fines de comparación y que se basó en una combinación de datos de estudio y opiniones emitidas por los autores de este documento.

NN = Desconocido.

NA = No aplicable.

? = Incertidumbre debida a la investigación limitada, los resultados variables o la falta/insuficiencia de datos sobre la persistencia del efecto

También se producen numerosas interacciones entre las técnicas para la mitigación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes del estiércol.

Se necesitan más investigaciones para desarrollar técnicas de mitigación prácticas y viables económicamente que puedan aplicarse de manera generalizada. Los es-

fuerzos se deben focalizar en prácticas individuales con elevado potencial (por ejemplo, vacunación contra los metanógenos del rumen), pero deben tener en cuenta también las interacciones entre prácticas, para desarrollar conjuntos de prácticas de mitigación eficaces para sistemas de producción específicos.

#### CUADRO B. Técnicas y prácticas disponibles para la mitigación de emisiones distintas del CO<sub>2</sub>: manipulación del estiércol

Práctica/tecnología	Especies <sup>1</sup>	Efecto de mitigación potencial del CH <sub>4</sub> <sup>2</sup>	Efecto de mitigación potencial del N <sub>2</sub> O <sup>2</sup>	Efecto de mitigación potencial del NH <sub>3</sub> <sup>2</sup>
<b>Manipulación de la dieta y equilibrio de nutrientes</b>				
Proteínas de la dieta reducidas	TS	?	Medio	Alto
Dietas de alto contenido de fibra	CE	Bajo	Alto	NN
<b>Manejo del pastoreo</b>	AR	NN	Alto?	NN
<b>Alojamientos</b>				
Biofiltración	TS	Bajo?	NN	Alto
Sistema de manejo del estiércol	GL,GC, CE	Alto	NN	Alto
<b>Tratamiento del estiércol</b>				
Digestión anaerobia	GL,GC, CE	Alto	Alto	Aumenta?
Separación de sólidos	GL,GC	Alto	Bajo	NN
Ventilación	GL,GC	Alto	Aumenta?	NN
Acidificación del estiércol	GL, GC, CE	Alto	?	Alto
<b>Almacenamiento del estiércol</b>				
Disminución del tiempo de almacenamiento	GL,GC, CE	Alto	Alto	Alto
Almacenamiento cubierto con paja	GL,GC, CE	Alto	Aumenta?	Alto
Costra natural o inducida	GL,GC	Alto	Aumenta?	Alto
Aireación durante el almacenamiento del estiércol líquido	GL,GC, CE	De medio a alto	Aumenta?	NN
Compostaje	GL,GC, CE	Alto	NN	Aumenta
Apilado de desperdicios	AC	Medio	NA	NN
Temperatura de almacenamiento	GL,GL	Alto	NN	Alto
Almacenamiento sellado con llamas	GL,GC, CE	Alto	Alto	NN
<b>Aplicación del estiércol</b>				
Inyección frente a aplicación superficial del estiércol	GL,GC, CE	De ningún efecto a aumenta?	De ningún efecto a aumenta	Alto
Momento de la aplicación	TS	Bajo	Alto	Alto
Cubierta del suelo, cultivos de cobertura	TS	NN	De ningún efecto a alto	Aumenta?
Balance de nutrientes del suelo	TS	NA	Alto	Alto
<b>Inhibidor de nitrificación aplicado al estiércol o después de la deposición de la orina en los pastizales</b>	GL,GC, OV	NA	Alto	NA
<b>Inhibidor de ureasa aplicado con la orina o antes de ella</b>	GL,GC, OV	NA	Medio?	Alto

<sup>1</sup> GL= ganado de leche; GC = ganado de carne (el ganado abarca *Bos taurus* u *Bos indicus*); OV = ovejas; CA = cabras; AR = todos los rumiantes; CE = cerdo; AV = aves de corral; TS = todas las especies.

<sup>2</sup> Alto = ≥ 30% de efecto de mitigación; Medio = 10 a 30% de efecto de mitigación; Bajo = ≤ 10% de efecto de mitigación. Los efectos de mitigación se refieren a la variación porcentual con respecto a una "práctica estándar", esto es, control de estudio que se utilizó con fines de comparación y que se basó en una combinación de datos de estudio y opiniones emitidas por los autores de este documento.

NN = Desconocido.

NA = No aplicable.

? = Incertidumbre debida a la investigación limitada, los resultados variables o la falta/insuficiencia de datos sobre la persistencia del efecto.

(cont.)

RECUADRO 2. (cont.)

CUADRO C. Técnicas y prácticas disponibles para la mitigación de emisiones distintas del CO<sub>2</sub>: cría de animales

Práctica/tecnología	Especies <sup>1</sup>	Efecto en la productividad	Efecto de mitigación potencial del CH <sub>4</sub> <sup>2</sup>	Efecto de mitigación potencial del N <sub>2</sub> O <sup>2</sup>
<b>Manejo animal</b>				
Selección genética (Ingestión de pienso residual)	GL, GC, CE?	Ninguno	Bajo?	NN
Sanidad animal	TS	Aumenta	Bajo?	Bajo?
Mortalidad animal reducida	TS	Aumenta	Bajo?	Bajo?
Optimización de la edad de sacrificio	TS	Ninguno	Medio	Medio
<b>Manejo reproductivo</b>				
Estrategias de apareamiento	AR, CE	De alto a medio		De alto a medio
Vida productiva mejorada	AR, CE	Medio		Medio
Fecundidad aumentada	CE, OV, CA	De alto a medio		De alto a medio
Atención/salud peripuerperal	GL AR, CE	Medio		Medio
Reducción del estrés	AR, CE	De alto a medio		De alto a medio
Tecnologías reproductivas asistidas	AR, CE	De alto a medio		De alto a medio

<sup>1</sup> GL = ganado de leche; GC = ganado de carne (el ganado abarca *Bos taurus* y *Bos indicus*); OV = ovejas; CA = cabras; AR = todos los rumiantes; CE = cerdo; AV = aves de corral; TS = todas las especies.

<sup>2</sup> Alto = ≥ 30% de efecto de mitigación; Medio = de 10 a 30% de efecto de mitigación; Bajo = ≤ 10% de efecto de mitigación. Los efectos de mitigación se refieren a la variación porcentual con respecto de una "práctica estándar", esto es, control de estudio que se utilizó con fines de comparación y que se basó en una combinación de datos de estudio y opiniones emitidas por los autores de este documento

NN = Desconocido.

? = Incertidumbre debida a la investigación limitada, los resultados variables o la falta/insuficiencia de datos sobre la persistencia del efecto.

tensidad de emisiones refleja el caso hipotético de intensidades de emisión medias aumentadas al nivel del 10% y el 25% de las unidades de producción de mejor rendimiento. A pesar de las limitaciones de este análisis estadístico y de los supuestos en que se basa con respecto al contexto normativo y la disponibilidad de recursos (véase el Recuadro 3), es probable que la estimación resultante sea prudente.

Primero, se excluyen las tecnologías y prácticas de mitigación disponibles pero que no se han aplicado todavía o que no han sido adoptadas más que por un pequeño número de productores y que, por tanto, no se han incluido en los niveles de referencia. Por ejemplo, es el caso de los biodigestores en la producción de rumiantes, de los dispositivos para ahorrar energía en los sistemas lecheros o de los

complementos alimenticios para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico.

Segundo, el análisis de las diferencias no percibe el potencial ofrecido por las prácticas para las cuales el GLEAM utiliza datos de entrada promedios para combinaciones completas de sistemas de producción, región y zonas agroecológicas. Por ejemplo, varios parámetros relacionados con el rendimiento del hato que caracterizan las prácticas ganaderas y la sanidad animal se definen a nivel regional o de sistema de explotación.

Tercero, el análisis no incluye las emisiones posteriores a las operaciones en la granja ni las emisiones relacionadas con la expansión de los pastizales no calculadas a nivel de píxel. Juntas, estas emisiones representan alrededor del 10% de las 7,1 gigatoneladas.

CUADRO 10. Estimaciones del potencial de reducción de las emisiones basadas en el análisis de la diferencia entre las intensidades de emisión

	Análisis en conjuntos únicos de región geográfica, clima y sistema de explotación (sin incluir cambios de sistemas de explotación)				Análisis en conjuntos únicos de región geográfica, clima y sistema de explotación (que permiten cambios de sistemas de explotación)						
	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del10º percentil	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del25º percentil	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del10º percentil	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del25º percentil	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del10º percentil	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del25º percentil	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del10º percentil	Unidades de producción alineadas con la intensidad de emisión media del25º percentil			
	Reducción de emisiones										
	Por especies (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	En el escenario (porcentaje)	Por especies (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	En el escenario (porcentaje)	Por especies (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	En el escenario (porcentaje)	Por especies (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	En el escenario (porcentaje)			
Ganado vacuno de carne	-775	44	-482	-17	44	-883	-31	45	-619	-22	51
Vacuno lechero	-401	23	-231	-18	21	-440	-35	23	-264	-21	22
Cerdo	-103	6	-76	-14	7	-108	-19	6	-69	-14	6
Carne de búfalo	-96	5	-31	-13	3	-101	-43	5	-32	-14	3
Leche de búfala	-80	4	-51	-14	5	-89	-25	5	-54	-15	4
Huevos de gallina	-66	4	-51	-29	5	-73	-42	4	-50	-29	4
Carne de pollo	-113	6	-97	-34	9	-94	-33	5	-60	-21	5
Leche de pequeños rumiantes	-45	3	-24	-19	2	-49	-39	3	-17	-14	1
Carne de pequeños rumiantes	-96	5	-50	-16	5	-105	-33	5	-58	-18	5
<b>Total</b>	<b>-1 775</b>	<b>100</b>	<b>-1 092</b>	<b>-18</b>	<b>100</b>	<b>-1 943</b>	<b>-32</b>	<b>100</b>	<b>-1 224</b>	<b>-20</b>	<b>100</b>

### RECUADRO 3. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE MITIGACIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS EN LAS INTENSIDADES DE EMISIÓN

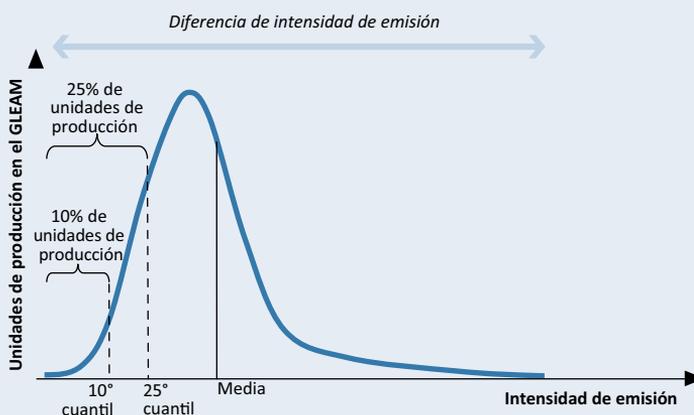
Para cada producto producido en una combinación específica de región geográfica, clima y sistema de explotación, se calculó la intensidad de emisión media y la intensidad de emisión del 10° y el 25° percentil de las unidades de producción (píxeles) que mostraban la menor intensidad de emisión. Luego, el potencial de mitigación se estimó trasladando la intensidad de emisión media de referencia ya sea al 10° o el 25° percentil más bajo (que representaban las unidades de producción con la intensidad de emisión más baja).

El potencial de mitigación también se calculó teniendo en cuenta los cambios en los sistemas de explotación agropecuaria: se evaluó la media y el percentil de cada producto, producido en una combinación discreta de región geográfica y zona agroecológica.

Este análisis estadístico se basa en los siguientes supuestos:

- Existen políticas y señales de mercado favorables para superar los obstáculos que se oponen a la adopción de prácticas de producción más eficaces.
- La extensión de la combinación de insumos utilizada por el 25% o el 10% de las unidades de mejor rendimiento a todas las unidades de producción en la región/clima/sistema no cambia la intensidad de emisiones de esta combinación de insumos.
- No existen limitaciones de recursos locales (por ejemplo, microclima, agua) para la adopción de prácticas con baja intensidad de emisiones.
- Se dispone de recursos (por ejemplo, piensos, energía) a nivel regional para permitir la adopción de prácticas con baja intensidad de emisiones.

Representación esquemática de la distribución de las intensidades de emisión y las diferencias de intensidades de emisión para un determinado producto, en una región, zona climática y sistema de explotación



## 5.2 RETENCIÓN DE CARBONO

### Reducción del cambio de uso de la tierra

Reducir los cambios de uso de la tierra puede contribuir también a la mitigación. Según estimaciones, las emisiones ocasionadas por la expansión de los pastizales y las superficies sembradas de soja representan el 9% de las emisiones del sector (Capitu-

lo 2). Aunque no se ha realizado un análisis oficial para estimar el potencial de reducción global derivado del cambio de uso de la tierra, es plausible que las tasas de conversión del uso de la tierra relacionadas con la producción ganadera se puedan reducir a la mitad a plazo medio (de uno a dos decenios), mitigando alrededor de 0,4 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq de las emisiones anuales del sector. La viabilidad



©FAO/Giulio Napolitano

de esta meta queda demostrada por comparación con la promesa hecha por el Gobierno brasileño en 2010 de reducir las emisiones en 0,7 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, mediante la disminución de las tasas de deforestación en un 80% en el Amazonas y en un 40% en el Cerrado para 2020<sup>20</sup>. En el estudio de caso sobre la mitigación en el sector de carne de vacuno especializada en el Brasil que figura más adelante, se estimó que las mejoras de la eficacia de los animales y el hato reducía la utilización de tierras de pastoreo y las emisiones conexas provenientes de un cambio de uso de la tierra hasta en un 25%.

### Retención de carbono en el suelo en los pastizales

Se estima que las prácticas mejoradas de manejo del pastoreo en los pastizales puede retener alrededor de 409 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq de carbono por año (o 111,5 millones de toneladas de carbono por año durante un período de 20 años) globalmente. Se estimó que era posible llegar a retener otros 176 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq de emisiones (excluido el aumento de las emisiones de N<sub>2</sub>O) por año durante un período de 20 años mediante la siembra de leguminosas en algunas zonas de pastizales.

Por consiguiente, se calculó que estas prácticas pueden tener un potencial de mitigación combinado de 585 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, lo que representa cerca del 8% de las emisiones de la cadena de suministro ganadero. En el Capítulo 2 se presenta una introducción a la metodología utilizada.

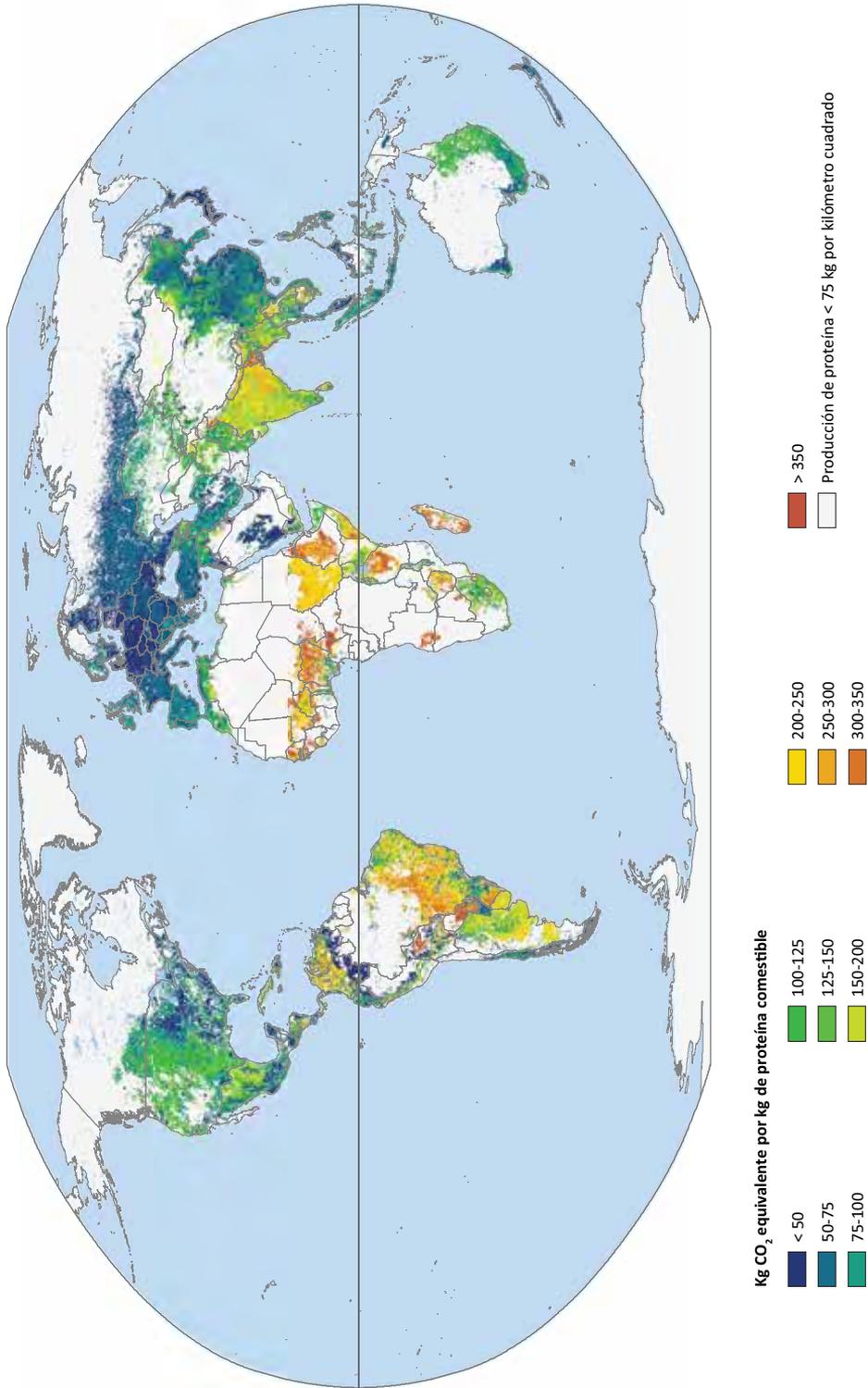
En los pastizales que han experimentado una excesiva eliminación de la vegetación y pérdidas de carbono en los suelos debido a períodos de sobrepastoreo sostenidos, es posible revertir al menos parcialmente las pérdidas de carbono históricas mediante la reducción de la presión de pastoreo. Por el contrario, en muchos pastizales sometidos a un pastoreo leve existe la posibilidad de mejorar la productividad de la hierba y almacenar carbono en el suelo mediante al aumento de la presión de pastoreo (Holland *et al.*, 1992).

Existen varias otras prácticas que se pueden utilizar para aumentar aún más las reservas de carbono en el suelo de los pastizales, que no se han evaluado en este estudio. Entre estas figura la siembra de especies herbáceas tropicales mejoradas de raíces profundas y la mejora del manejo del fuego.

Según el cuarto informe de evaluación del IPCC (Smith *et al.*, 2007), se podrían retener 1,5 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq de carbono en el caso de que se aplicara la amplia variedad de prácticas de mejora de los pastizales y el pastoreo a todos los pastizales del

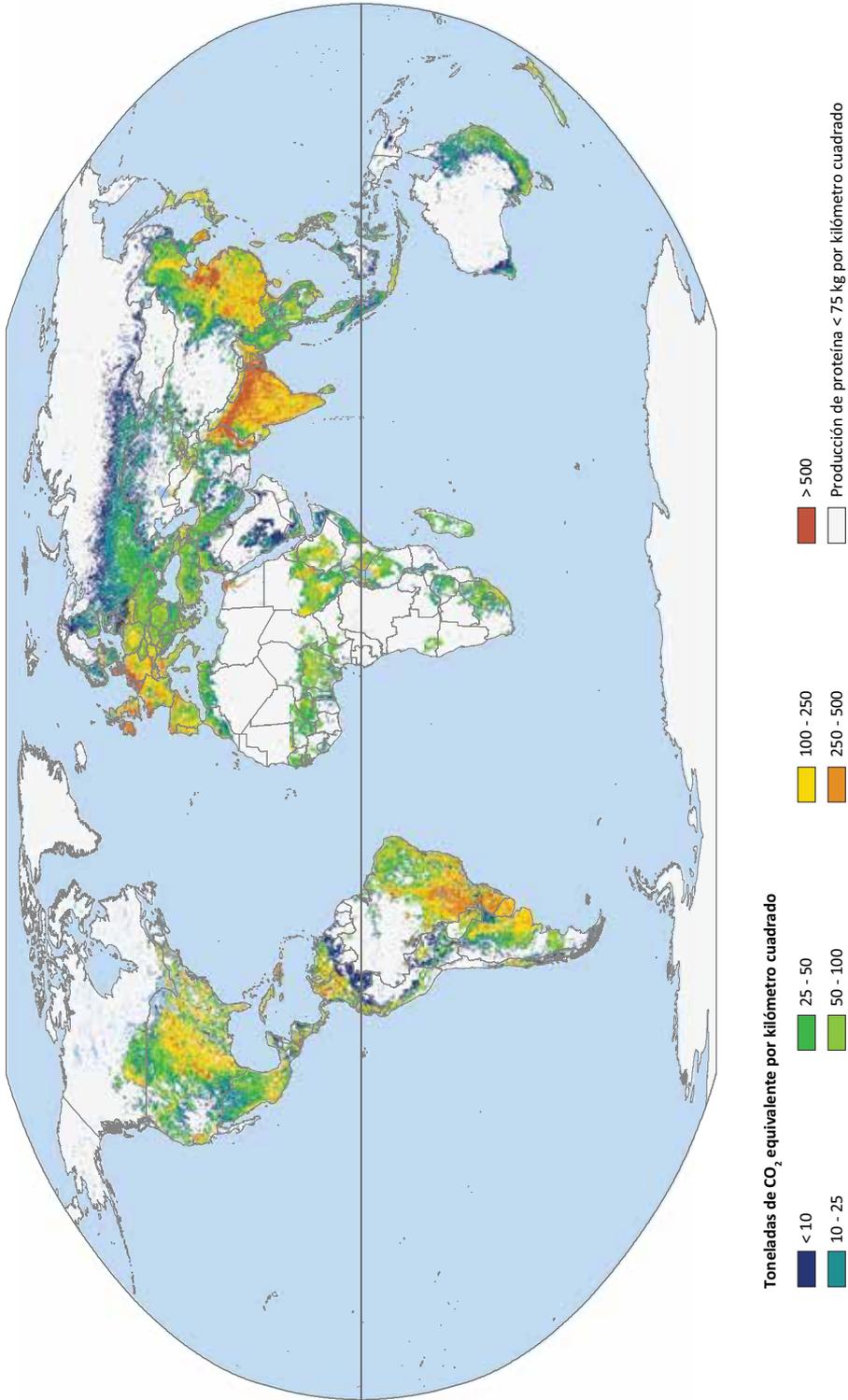
<sup>20</sup> [http://unfccc.int/files/meetings/cop\\_15/copenhagen\\_accord/application/pdf/brazilcphaccord\\_app2.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf/brazilcphaccord_app2.pdf); <http://www.brasil.gov.br/cop-english/overview/what-brazil-is-doing/domestic-goals>

GRÁFICO 27A. Intensidad de emisión por unidad de proteína comestible



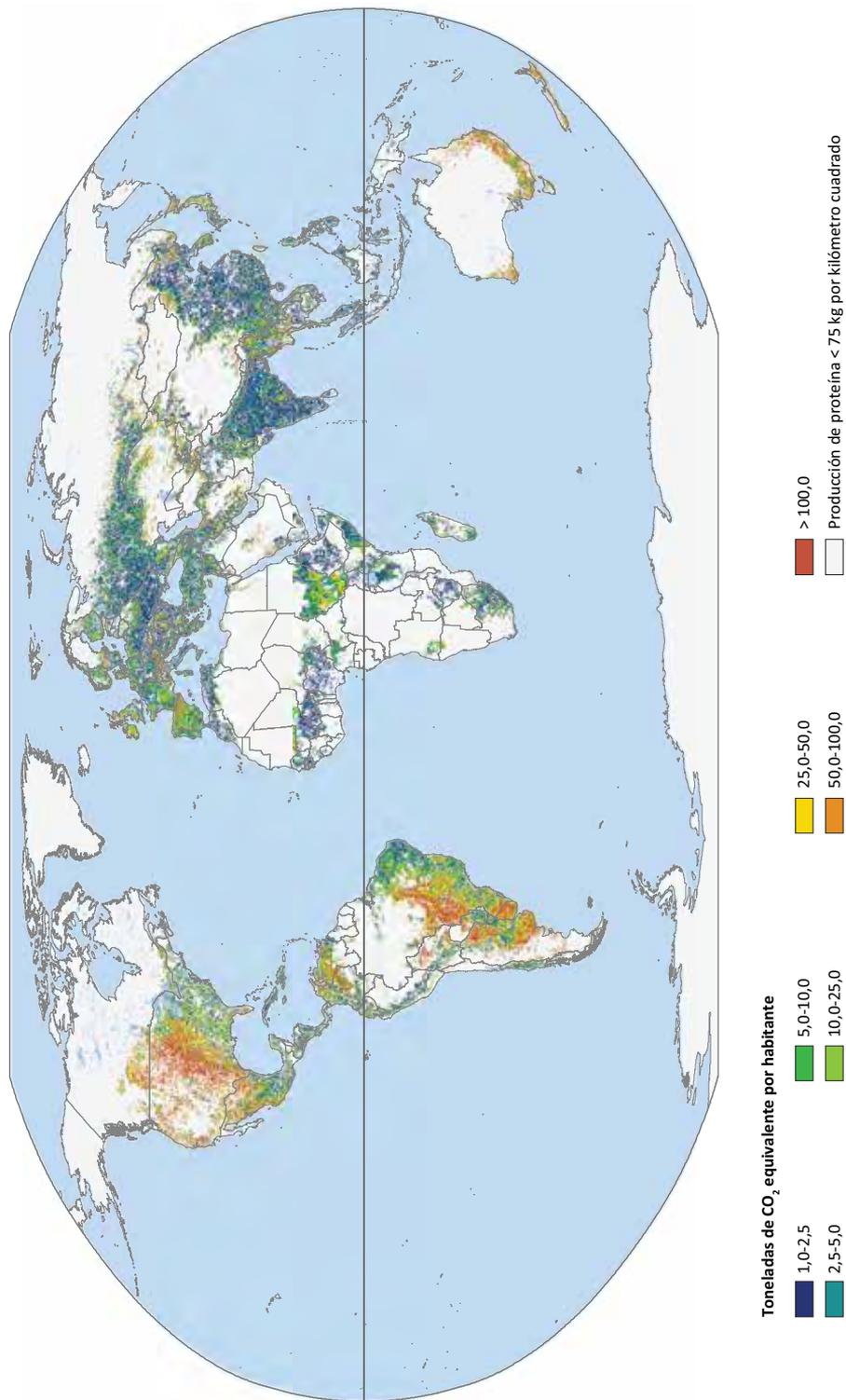
Fuente: GLEAM.

GRÁFICO27B. Intensidad de emisión por unidad de superficie terrestre



Fuente: GLEAM.

GRÁFICO 27C. Intensidad de emisión por unidad de población humana



Fuente: GLEAM, datos GIS para la población humana: Dobson et al., 2000.

mundo. El mismo estudio estima que hasta 1,4 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq de carbono se puede retener en las tierras de cultivo cada año, y muchas de estas tierras está dedicada a la producción de piensos. En otra evaluación global de los pastizales, Lal (2004), se estimó un potencial de retención de carbono más prudente de entre 0,4 y 1,1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año. El potencial de retención estimado en la evaluación de este informe queda comprendido dentro del rango de variación de estas estimaciones globales.

### 5.3 POTENCIAL POR PRINCIPALES ZONAS GEOGRÁFICAS

El potencial de mitigación varía de una región y otra según el volumen de producción y las intensidades de emisiones correspondientes. En los mapas de los Gráficos 27A, B y C se presentan las emisiones por unidad de proteína animal y por unidad de tierra.

Las zonas en las que las emisiones por unidad de proteína animal y por unidad de tierra son bajas (por ejemplo, en partes de Europa Central, Oriente Medio y las regiones andinas), suelen ser aquellas en que no se produce mucho y en que la producción depende en su mayor parte de especies monogástricas. Se puede suponer que estas zonas ofrecen un potencial relativamente bajo para la mitigación.

Las zonas más prósperas del mundo generalmente combinan una baja intensidad de emisión por unidad de producto con una elevada intensidad de emisión por superficie de tierra. En estos casos, un aumento relativamente pequeño de la intensidad de emisión puede dar lugar a un importante efecto de la mitigación, dado el volumen de emisiones.

Amplias áreas de las zonas subhúmedas y semiáridas de África y América Latina muestran intensidades de emisión elevadas por unidad de producto, pero bajas cuando se expresan por unidad de tierra. En estas áreas se puede lograr la mitigación, pero esta ha de considerarse en vista de las preocupaciones relativas a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. Incluso una mejora moderada de la productividad en los sistemas de cría de rumiantes y unas prácticas mejoradas de pastoreo podrían producir considerables beneficios

tanto en lo referente a las intensidades de emisiones como a la seguridad alimentaria. Sin embargo, el aislamiento y la variabilidad del clima que caracteriza a muchas de estas áreas limita las oportunidades de adoptar nuevas prácticas. Para superar estas limitaciones se requieren políticas específicas, como se explica en el Capítulo 7.

El principal potencial técnico de mitigación probablemente se encuentre en las zonas donde ambas medidas de intensidad de emisiones son elevadas. Estas zonas se encuentra principalmente en América Latina y Asia meridional y en partes de África oriental. En ellas, un elevado potencial para la reducción de las emisiones por unidad de proteína coincide con volúmenes sustanciales de producción. Estas zonas se caracterizan generalmente por elevadas densidades de ganado y baja productividad de los animales. Las diferentes opciones de mitigación examinadas anteriormente se aplican en este caso, incluida la mejora del rendimiento animal (por ejemplo, genética, sanidad), las prácticas de alimentación (por ejemplo, digestibilidad de la ración, contenido de proteína), el manejo de la estructura del hato (por ejemplo, reducción de la sobrecarga de reproducción), el manejo del estiércol (almacenamiento, aplicación, biodigestión), y la ordenación de la tierra (mejora del manejo de los pastizales).

Otra forma de expresar la intensidad de emisiones consiste en relacionar las emisiones totales relativas al sector ganadero con la población humana (Gráfico 27C). Los valores de intensidad de las emisiones son relativamente elevados allí donde los animales se producen en zonas escasamente pobladas, generalmente en sistemas comerciales de pastoreo para producir carne de vacuno, como en partes de América del Norte, América Latina y Oceanía. En estas zonas, se ha de prestar una atención especial a las consecuencias económicas y sociales de las intervenciones de mitigación debido a que la ganadería es una de las principales actividades económicas. Los efectos en las comunidades locales a través de las cuestiones relativas a los ingresos, los riesgos y la competitividad serán particularmente importantes.

## MENSAJES PRINCIPALES DEL CAPÍTULO 6

- Algunos conjuntos de técnicas de mitigación pueden producir grandes beneficios ambientales como lo demuestran los cinco estudios de caso realizados para examinar la mitigación en la práctica. El potencial de mitigación de cada una de las especies, sistemas y regiones seleccionados varía del 14% al 41%.\*
- Aunque se estimaron potenciales de mitigación análogamente elevados para los sistemas de producción de rumiantes y de cerdos en Asia, América Latina y África, también es posible llegar a reducir de manera significativa las emisiones en los sistemas lecheros que ya tienen niveles de productividad elevados, como lo demuestra el estudio de caso relativo a los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).
- Algunas de las intervenciones de mitigación descritas pueden dar lugar a una reducción de las intensidades y volúmenes de emisión y, al mismo tiempo, a un aumento de la productividad y la producción. En particular, este es el caso de las prácticas mejoradas en materia de alimentación, sanidad animal y manejo del hato.

### Conclusiones principales de los estudios de caso

- En los sistemas mixtos de explotación lechera de Asia meridional, las emisiones de GEI se puede reducir posiblemente en un 38% con respecto a las emisiones de referencia (120 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq) con mejoras factibles de la calidad de los piensos, la sanidad animal y la ganadería.
- En los sistemas industriales de producción porcina de Asia oriental y sudoriental, las emisiones de los sistemas industriales se podrían reducir en un 16% a un 25% con respecto a las emisiones de referencia de estos sistemas (de 21 a 33 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq) con mejoras factibles en el manejo del estiércol y la adopción de tecnologías que ahorran energía y el uso de técnicas energéticas hipocarbónicas. En los sistemas intermedios, donde también se ensayaron las opciones de manejo mejorado del hato y mejora de los piensos, las emisiones se podrían reducir en un 32% a un 38% con respecto a las emisiones de referencia (de 32 a 37 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq). Cerca de la mitad de la mitigación se logra mejorando la calidad de los piensos y el rendimiento de los animales.
- En la producción de carne especializada de América del Sur, la introducción de mejoras factibles en la calidad del forraje, la sanidad animal y el manejo del ganado podría hacer que las emisiones se redujeran en un 19% a un 30% con respecto a las emisiones de referencia (de 190 a 310 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq).
- En el sector de los pequeños rumiantes de África occidental, las emisiones se pueden reducir posiblemente en un 27% a un 41% con respecto al total de las emisiones anuales de referencia (de 7,7 a 12 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq) con mejoras factibles de la digestibilidad del forraje, la sanidad animal, la cría y selección, y el manejo del pastoreo.
- En los sistemas lecheros mixtos de los países de la OCDE, las emisiones se podrían reducir en un 14% a un 17% con respecto a las emisiones de GEI de referencia (de 54 a 66 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq) con la adopción factible de sistemas mejorados de manejo del estiércol, complementos alimenticios y equipos de bajo consumo de energía.

\* Esta variación de la mitigación respalda las constataciones de la evaluación estadística del Capítulo 5, que estimaba las reducciones de las emisiones globales entre un 18% y un 30%, basándose en la disminución de las diferencias relativas a las intensidades de emisión. Además, vale la pena mencionar que estas potencialidades técnicas de mitigación están en consonancia con las evaluaciones y compromisos locales (por ejemplo, véase el Programa Agricultura baja en carbono (ABC) del Brasil y la producción lechera en los Estados Unidos o en el Reino Unido mencionados en el Capítulo 6).



# LA MITIGACIÓN EN LA PRÁCTICA: ESTUDIOS DE CASO

Se llevaron a cabo cinco estudios de caso para complementar el análisis estadístico de las diferencias relativas a las intensidades de emisión (Capítulo 5), y examinar la manera en que el potencial de mitigación estimado se podía materializar en la práctica. Los estudios de caso evaluaron las potencialidades de mitigación de intervenciones técnicas concretas en determinados sistemas de producción y zonas geográficas.

Cada estudio de caso ofrece un ejemplo de las posibles intervenciones de mitigación, basándose en el conocimiento de los principales factores generadores de las emisiones y los puntos de entrada técnicos correspondientes para la mitigación, como el aumento del nivel de productividad del hato, la eficacia en el uso de la energía o medidas relacionadas con la “etapa final” de la gestión del estiércol (Recuadro 2). Los estudios no facilitan estimaciones del potencial técnico de mitigación total en los sistemas considerados (esto es, el efecto máximo de la mitigación alcanzado mediante la adopción de todas las tecnologías disponibles, independientemente de su costo).

En los estudios se asume un horizonte temporal a corto o medio plazo en términos de las intervenciones de mitigación seleccionadas. Las potencialidades de mitigación se calcularon modificando los parámetros del GLEAM relacionados con

estas intervenciones, manteniendo la producción constante.

**Elección de sectores.** Cuatro de los cinco estudios de casos se centran en las cadenas de suministros de los rumiantes (vacunos y pequeños rumiantes), dada su importante contribución relativa a las emisiones totales; uno de los estudios de caso examina el potencial de mitigación en la producción porcina.

**Elección de opciones de mitigación.** La finalidad de los estudios de caso no es ofrecer una evaluación exhaustiva de toda las opciones de mitigación disponibles para el sector, sino explicar lo que se puede lograr utilizando una pequeña variedad de opciones viables en sistemas de producción muy diferentes.

Las opciones de mitigación evaluadas se seleccionaron de acuerdo con su elevado potencial de mitigación y la viabilidad de su adopción por parte de los agricultores, en las respectivas regiones y sistemas de producción. Se centran en conjuntos de técnicas disponibles que han demostrado su eficacia a corto o medio plazo y que se prevé que produzcan importantes beneficios para la productividad. Las intervenciones también se seleccionaron teniendo en cuenta su prevista viabilidad económica, sus consecuencias positivas en la seguridad alimentaria y teniendo en cuenta las

posibles ventajas e inconvenientes en relación con otras preocupaciones ambientales.

No se evaluaron varias técnicas de mitigación que también han sido recomendadas por especialistas, entre estas, la complementación con concentrados de cereales para los rumiantes quizá sea la opción más ensayada (FAO, 2013c). Sin embargo, no se incluyó en el análisis debido a las preocupaciones sobre su viabilidad económica y a la posibilidad de que constituya una amenaza para la seguridad alimentaria al reducir la disponibilidad de cereales para el consumo alimentario humano. Además, para incluir esta opción, se hubiera requerido un análisis mucho más amplio, que tuviese en cuenta los diversos impactos de diferentes fuentes de piensos concentrados en el cambio de uso de la tierra y las emisiones en general, lo que se consideró que estaba fuera del alcance del presente estudio.

Concediendo más tiempo, también se podrían considerar otras opciones de mitigación disponibles y eficaces, como la introducción de mejoras en la selección para aumentar la productividad animal. Además, existen opciones potencialmente eficaces que tienen que perfeccionarse, como la utilización de vacunas antimetanógenas, que también valdrían la pena considerar en el marco de evaluaciones con horizontes temporales más amplio. Estas posibles vacunas se han evaluado en otros estudios (Whittle *et al.*, 2013; Moran *et al.*, 2008; Beach *et al.*, 2008), y se considera que tienen un gran potencial en los sistemas de cría extensiva de rumiantes, debido a que requieren muy pocas inoculaciones y un manejo mínimo. Sin embargo, esta opción sigue movilizandando grandes esfuerzos de investigación y es poco probable que se pueda disponer comercialmente de ella en un futuro cercano (FAO, 2013c).

Tampoco se incluyeron en este análisis varios controvertidos compuestos estimulantes del crecimiento, como los ionóforos y la somatotropina bovina, considerados opciones de mitigación eficaces en otros estudios (USEPA, 2006; Moran *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 2007), debido a la prohibición de utilizarlos en importantes mercados (por ejemplo, la Unión Europea) y a las incertidumbres respecto a sus consecuencias para la salud humana.

También se omitió la complementación de las raciones de los animales con aminoácidos sintéticos, como la lisina en la producción de cerdos, en vista de su costo, aunque a menudo se considera que aumenta la eficacia y la mitigación de las emisiones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{N}_2\text{O}$  relacionadas con el estiércol (FAO, 2013c).

**Potencial de mitigación calculado con un nivel constante de producción.** Por motivos de claridad, y teniendo en cuenta la atención dada a las intensidades de emisión, los volúmenes de producción se mantuvieron constantes al calcular los escenarios de mitigación en el GLEAM. No obstante, algunas de las intervenciones de mitigación descritas en los estudios de caso darán lugar, a la vez, a un aumento de la productividad y de la eficacia. Estos efectos se examinan en la sección final del presente capítulo.

**Limitaciones.** Por motivos de diseño, las evaluaciones de la mitigación dejan de lado las consideraciones relativas a posibles obstáculos para la adopción.

A falta de incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones a la mitigación) o normas para limitar las emisiones, es probable que la mayoría de los productores no inviertan en prácticas de mitigación, a menos que estas aumenten las ganancias u ofrezcan otros beneficios de producción, como una reducción de los riesgos. A este respecto, se necesitará realizar un análisis costo-beneficios de las prácticas de mitigación seleccionadas para estimar las reducciones de emisiones que se podrían lograr de manera económicamente viable. Además, para conocer mejor las tasas viables de adopción de las prácticas de mitigación evaluadas, se tendrán que tener en cuenta otros obstáculos a la adopción, entre estos la capacidad técnica de los productores, agentes e instituciones de extensión, y la disponibilidad de capital e infraestructura para apoyar la adopción de las medidas de mitigación seleccionadas. En el siguiente capítulo se examinan de manera más detallada las consecuencias políticas y los requisitos para superar estos obstáculos.

La adopción de intervenciones de mitigación de los GEI también puede tener efectos secundarios

(positivos o negativos) en otras repercusiones ambientales (por ejemplo, conservación de los recursos hídricos y cambio de uso de la tierra), el bienestar animal y las metas más amplias de desarrollo (por ejemplo, seguridad alimentaria e igualdad), que se han de evaluar e integrar en el marco de las políticas del sector ganadero. Estos factores no se modelizan en los estudios de caso; sin embargo, en la selección de prácticas de mitigación y, a veces, en los supuestos relativos al nivel de adopción de las mismas, se tuvieron en cuenta algunas de estas limitaciones y cuestiones. Por ejemplo, mejorando la productividad de los animales y del hato, la mayoría de las prácticas de mitigación seleccionadas puede aumentar la producción y al mismo tiempo reducir las emisiones, y evitar así conflictos entre los objetivos relacionados con el medio ambiente, el desarrollo y seguridad alimentaria.

## 6.1 PRODUCCIÓN DEL GANADO LECHERO EN ASIA MERIDIONAL

### Principales características

#### Producción

Con el 12% aproximadamente de la producción mundial, Asia meridional es una de las principales regiones productoras de leche de vaca en el mundo.<sup>21</sup> Solamente la India produce el 75% de la producción regional y es probable que siga manteniendo su predominio con un aumento de la producción de leche estimado en 3% al año en el período 2011-2020. En la India, la mayoría de los Estados proscriben el sacrificio del ganado por motivos culturales y religiosos. Como consecuencia, existe un porcentaje persistente de terneros machos lecheros no deseados con altas tasas de mortalidad, que representa una pérdida productiva para la cadena de producción.

El 28% de todo el ganado lechero se encuentra en los sistemas mixtos de Asia meridional, en comparación con el 10% en Europa occidental y el 4% en América del Norte. Alrededor del 93% de la producción regional de leche proviene de sis-

temas de explotación mixtos. Los sistemas mixtos de producción de leche de Asia meridional representan el 13% de la producción mundial de leche y el 23% de las emisiones totales de GEI provenientes de estos sistemas.

#### Emisiones

Entre las fuentes principales de emisiones figuran el CH<sub>4</sub> proveniente de la fermentación entérica, que representa el 60%, y el N<sub>2</sub>O proveniente de la producción de piensos (procedente del estiércol aplicado y depositado y del uso de fertilizantes inorgánicos), que representa el 17%.

La intensidad de emisión media en los sistemas de explotación mixtos de Asia meridional se estima en 5,5 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de leche, en comparación con la media mundial de 2,7 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de leche. Los causas principales de los elevados niveles de intensidad de las emisiones son:

- **La mala calidad de los piensos** (baja digestibilidad de los piensos) – que da lugar a un elevado nivel de emisiones de CH<sub>4</sub> entérico y un bajo nivel de rendimiento de la producción animal. La digestibilidad media de los piensos en la región, estimada en 54%, es relativamente baja. Los sistemas de alimentación se basan principalmente en la utilización de residuos agrícolas, como paja y rastrojo (que constituyen el 60% de la ración de piensos), forraje verde y seco (34%), y subproductos (casi el 6%). Los piensos menos digestibles generan más emisiones de CH<sub>4</sub> por unidad de energía ingerida. Los piensos de baja calidad también afectan a la productividad animal, pues los rendimientos de leche son bajos (con alrededor de 965 kilogramos por vaca al año, en comparación con una media mundial de 2 269 kilogramos por vaca al año correspondiente a los sistemas mixtos de ganado lechero) y los animales crecen lentamente, con el consiguiente aumento de la edad en la primera parición.
- **La importancia de la “sobrecarga de reproducción”** – los animales contribuyen a las emisiones pero no a la producción y, por tan-

<sup>21</sup> Asia meridional comprende el Afganistán, Bangladesh, Bhután, la India, el Irán, Maldivas, Nepal, el Pakistán y Sri Lanka.

**CUADRO 11.** Estimaciones de la mitigación calculadas para los sistemas mixtos de vacunos lecheros en Asia meridional

Opciones	Efecto de la mitigación en comparación con nivel de referencia
<b>Potencial de mitigación total</b> (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	<b>120</b>
	(porcentaje)
<b>En relación con el nivel de referencia</b>	<b>38,0</b>
<b>...de los cuales:</b>	
Alimentación mejorada	30,4
Estructura del hato mejorada	7,6

to, dan lugar a niveles mayores de intensidad de emisiones. La región se caracteriza por un importante sobrecarga de reproducción: cerca del 57% de la cabaña lechera en Asia meridional se compone de animales que no producen leche, en comparación con una media mundial de a 41% en los sistemas mixtos de producción de ganado lechero.<sup>22</sup> Esto se debe a la mayor edad en la primera parición (3,1 años en comparación con una media global de 2,4 en los sistemas mixtos), sobre la que influye el bajo nivel de fertilidad y salud del ganado (que indica que en el hato se mantienen más animales no productivos) y el hecho de que los terneros machos no se utilizan para la producción en partes de la región.

- **Tasas de mortalidad elevadas** – que dan lugar a una pérdida de animales y, por tanto, a “emisiones improductivas” (tasas de mortalidad de 31,1% y 8,1% para los terneros y otros animales respectivamente, en comparación con una media mundial de 17,8% y 6,7% en los sistemas mixtos de ganado lechero).

### Intervenciones de mitigación examinadas

Considerando los principales factores impulsores de las intensidades de emisión, el presente estudio de caso examina el potencial de mitigación ofrecido por las siguientes intervenciones seleccionadas:

- **Mejora de la calidad de los piensos.** Mejorar la digestibilidad de la dieta mediante la elab-

boración de piensos o la adición de forrajes mejorados disponibles localmente mejora el rendimiento de la lactación (esto es, mayor rendimiento de leche y crecimiento de los animales) y reduce las emisiones de CH<sub>4</sub>.<sup>23</sup>

- **Mejora de la sanidad y la cría.** Se puede aumentar el porcentaje relativo de cohortes productivas en el hato mediante la introducción de mejoras en la sanidad animal y la gestión de la reproducción. El estudio de caso también examinó, pero sólo en relación con la India, el potencial de mitigación de una reducción de los terneros machos (lograda mediante el sexaje de semen en inseminación artificial).

El potencial de mitigación de las dos primeras intervenciones se calculó modificando los parámetros relacionados con la calidad de los piensos y el rendimiento de los animales (índices de crecimiento, edad en la primera parición, tasas de fertilidad y tasas de mortalidad) en el GLEAM (Nota técnica 1).

### Potencial de mitigación estimado

Con mejoras viables de la calidad de los piensos, la sanidad animal y la cría, las emisiones se puede reducir posiblemente en un 38% con respecto a los niveles de referencia de las emisiones de GEI, o de 120 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq (véase Cuadro 11).

La mejora de la dieta mediante el aumento de la digestibilidad tiene el mayor potencial de mitigación, debido a su grande impacto en varias

<sup>22</sup> Por animales que no producen leche se entiende aquellos que se mantienen con fines de reproducción y reposición, incluidos los machos adultos y las hembras y machos de reposición.

<sup>23</sup> Para muchos, la mejora de la alimentación es una de las formas más eficaces de mitigar las emisiones de metano entérico (véase por ejemplo FAO, 2013c; Beauchemin *et al.*, 2008; Monteny y Chadwick, 2006; Boadi *et al.*, 2004).



©FAO/Simon Maina

fuentes de emisión. En particular, la mitigación se debe en gran parte a una reducción del número de los animales: los aumentos de rendimiento permiten obtener la misma producción de leche con un 10% menos de animales (la reducción alcanza el 20% en las cohortes de reproducción, como consecuencia de la mejora de la estructura del hato).

Si se toma como ejemplo la India, el efecto de la mitigación de la alimentación mejorada asciende a 85 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, lo que presenta el 71% del efecto total de la mitigación para la región de Asia meridional. Según estimaciones, la adopción de la tecnología de sexaje de semen para el 25% de las vacas lecheras en la India reduce el número de terneros machos en un 9%.

## 6.2 PRODUCCIÓN PORCINA INTENSIVA EN ASIA ORIENTAL Y SUDORIENTAL

### Principales características

#### Producción

Asia oriental y sudoriental representan el 50% de la producción porcina mundial.<sup>24</sup> Solamente la República Popular China representa el 40%. En los tres últimos decenios, la producción porcina

se ha cuadruplicado en Asia oriental y sudoriental. Este crecimiento ha tenido lugar en su mayor parte en la República Popular China y en sistemas intermedios e industriales que ahora representan alrededor del 30% y el 40% respectivamente de la producción porcina en la región. Estos sistemas seguirán creciendo, dado que se prevé que en esta zona la producción continúe expandiéndose e intensificándose (FAO, 2011b).

#### Emisiones

Los sistemas intermedios e industriales en la región emiten volúmenes importantes de GEI, estimados en 320 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq por año, lo que representa el 5% del total mundial de las emisiones del sector ganadero. Las medias regionales relativas a la intensidad de emisiones (6,7 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal y 6 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal para los sistemas de producción porcina intermedios e industriales respectivamente) se acercan a los niveles medios mundiales, dada la cuantiosa contribución de la región a la producción porcina mundial.

Las principales fuentes de emisión son:

- **La producción de piensos**, que representa el 60% aproximadamente de las emisiones totales debidas a los sistemas comerciales. Cerca de la mitad de estas emisiones se relacionan con la energía utilizada para la producción

<sup>24</sup> Asia oriental y sudoriental comprende China, Mongolia, el Japón, la República de Corea, la República Popular Democrática de Corea, Brunei Darussalam, Camboya, Filipinas, Indonesia, República Democrática Popular Lao, Malasia, Myanmar, Singapur, Tailandia, Timor Leste y Viet Nam.

de piensos (operaciones en el campo, transporte y elaboración, y producción de fertilizantes). Las emisiones de  $N_2O$  (provenientes de la aplicación de estiércol o el N sintético a los cultivos forrajeros) representan alrededor del 28% del total de las emisiones procedentes del estiércol. El  $CO_2$  proveniente de un cambio de uso de la tierra (relacionado con la soja importada) es responsable del 13% del total de las emisiones en los sistemas industriales y del 8% en los sistemas intermedios. Las emisiones de  $CH_4$  derivadas de la producción de arroz en sistemas intermedios también son particularmente altas en la región, pues representan el 13% de las emisiones totales.

- **El estiércol** es una fuente importante de emisiones de  $CH_4$ . En Asia oriental y sudoriental, las emisiones de  $CH_4$  procedentes del estiércol representan el 14% de las emisiones totales en los sistemas industriales y el 21% en los sistemas intermedios, debido al almacenamiento en forma líquida y a los climas cálidos imperantes en partes de la región. El factor de conversión medio del  $CH_4$  (esto es, parte de materia orgánica realmente transformada en metano) en la región es del 32% en los sistemas intermedios e industriales, mientras que la media mundial es del 27% para los sistemas intermedios y del 23% para los industriales.
- **Uso de energía en las granjas y en las actividades posteriores a las operaciones en la granja.** El uso directo de energía en las granjas contribuye más a la intensidad de emisiones de los sistemas industriales de la región (6%) que la media de los sistemas industriales del mundo (4%). En los sistemas intermedios, esta contribución es mínima (alrededor del 1%). Las emisiones provenientes de actividades posteriores a las operaciones en la granja contribuyen con alrededor del 8% de las emisiones totales en los dos sistemas de la región.
- **Los sistemas intermedios tienen una intensidad de emisiones mayor que los sistemas industriales.** Esto se debe al menor rendimiento de los animales y el hato. En especial,

la edad tardía en la primera parición (1,25 años en la región) y la edad de destete (40 días) dan lugar a una mayor sobrecarga de reproducción, que contribuye a las emisiones pero no a la producción. Las altas tasas de mortalidad generan más “emisiones improductivas”. La escasa calidad de los piensos hace que los aumentos de peso diarios sean más bajos (0,66 kilogramo por día), lo que da lugar a ciclos de producción más largos, con el consiguiente aumento de la parte correspondiente de energía (y, por tanto, de emisiones) destinada al mantenimiento de los animales en comparación con la producción.

### Intervenciones de mitigación examinadas

Considerando las principales fuentes de las emisiones provenientes de los sistemas intermedios e industriales, en el presente estudio de caso se examinan las siguientes intervenciones de mitigación:

- **Mejora de la gestión del estiércol.** El amplio uso de la digestión anaerobia para reducir las emisiones de  $CH_4$  y aumentar la producción de biogás, que también puede sustituir a los combustibles fósiles.
- **La adopción de tecnologías más eficaces en el uso de la energía y de técnicas energéticas hipocarbónicas.** Estas tecnologías reducirán las emisiones de energía relacionadas con la producción de piensos, la gestión de la granja y las actividades posteriores a las operaciones en la granja.
- **Mejora de la calidad de los piensos, la sanidad animal y la cría de animales en los sistemas intermedios.** La mejora de la calidad y digestibilidad de los piensos reduce las emisiones provenientes del estiércol y mejora los rendimientos de los animales, a través de índices de crecimiento más elevados. La mejora de la gestión de la sanidad animal y la cría de animales lleva a una disminución de la edad en la primera parición y de la edad de destete y, además, reduce las tasas de mortalidad, aumentando el porcentaje de animales productivos en el hato. El potencial de mitigación se calculó modifi-

**CUADRO 12.** Estimaciones de la mitigación calculadas para la producción intermedia e industrial de cerdos en Asia oriental y sudoriental

Sistemas de explotación	Cerdos intermedios		Cerdos industriales		Total cerdos comerciales	
	ESV	EPA	ESV	EPA	ESV	EPA
Escenario energético						
<b>Potencial de mitigación total</b> (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	32	37	21	33	52	71
	(porcentaje)					
<b>Porcentaje de las emisiones de referencia</b>	<b>31,5</b>	<b>37,6</b>	<b>15,5</b>	<b>24,9</b>	<b>27,7</b>	<b>36,0</b>
<b>...de las cuales:</b>						
Reducción del CH <sub>4</sub> del estiércol	9,2	9,2	4,2	4,2	6,1	6,1
Energía producida por biogás	2,2	1,9	1,7	1,4	2,3	1,9
Eficacia en el uso de la energía	4,9	9,8	9,6	19,3	9,9	19,0
Calidad de los piensos y rendimiento animal <sup>1</sup>	15,2	16,7	NA	NA	9,4	9,0

<sup>1</sup> Solamente para sistemas intermedios.  
NA = No aplicable.

cando los parámetros relacionados con el manejo del estiércol, el uso de la energía, la calidad de los piensos y los rendimientos de los animales en el GLEAM. El potencial de mitigación se calculó tanto para el escenario moderado o sin variaciones con respecto a la situación actual (ESV), como para el más ambicioso o escenario de políticas alternativas (EPA), en relación con las emisiones derivadas del uso de energía (Nota técnica 2).

### Potencial de mitigación estimado

Con mejoras viables en el manejo del estiércol y la adopción de tecnologías más eficaces y de técnicas energéticas hipocarbónicas, las emisiones en los sistemas industriales se podrían reducir entre un 16% y un 25% con respecto a las emisiones de referencia, esto es, de 21 a 33 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq (Cuadro 12). Posiblemente, la utilización de tecnologías más eficaces en el uso de la energía pueda determinar una disminución de las emisiones de alrededor del 9,6% al 19,3%. Es la intervención más eficaz para reducir las emisiones en los sistemas industriales. La mejora de la gestión del estiércol ofrece a una reducción más moderada del 4,2%.

En los sistemas intermedios, en los que también se ensayaron las opciones de mejora del manejo del hato y la calidad de los piensos, las emisiones se pueden reducir entre un 32% y un 38% con respecto a las emisiones de referencia (de 32 a 37 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq). Cerca de la mi-

tad de la mitigación se consigue mediante la mejora de la calidad de los piensos y los rendimientos de los animales. La reducción de las emisiones de CH<sub>4</sub> derivada de la mejora de la gestión del estiércol posiblemente puedan llegar a representar el 9,2% de las emisiones de referencia, lo que hace que esta opción sea más eficaz para los sistemas intermedios que para los industriales.

Cuando se añade la producción de energía del biogás, la mitigación varía del 5,9% en los sistemas industriales al 11,4% en los sistemas intermedios en el escenario energético ESV. La mitigación disminuye ligeramente en el escenario EPA y varía del 5,6% al 11,3%. A pesar de que se supuso una tasa de adopción relativamente ambiciosa, la mitigación lograda por la recuperación de la energía parece limitada en este estudio de caso.

## 6.3 PRODUCCIÓN DE CARNE DE VACUNO ESPECIALIZADA EN AMÉRICA DEL SUR

### Principales características

#### Producción

La producción de carne de vacuno especializada<sup>25</sup> de América del Sur<sup>26</sup> representa el 31% de la carne producida por el sector de carne de vacuno espe-

<sup>25</sup> Incluye los hatos de vacunos utilizados para la producción de carne, es decir, no incluye la carne proveniente de las cabañas lecheras.

<sup>26</sup> Comprende los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Uruguay y Venezuela.

## 1 NOTA TÉCNICA

### MODELIZACIÓN DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN LECHERA MIXTA EN ASIA MERIDIONAL

#### Mejora de la calidad de los piensos

Se puede mejorar la alimentación mediante el empleo de técnicas que aumenten la digestibilidad, como la elaboración de piensos (tratamiento con urea, secado, trituration y peletización), y la utilización de forrajes mejorados, como mezclas que incluyan leguminosas. También se puede mejorar la alimentación complementando la dieta básica con subproductos y concentrados. En el presente estudio de caso, esta opción se limitó a los materiales disponibles localmente, por lo que se supuso que el escenario de mitigación no repercutiría en el comercio de piensos.

La adopción de piensos de calidad mejorada se modelizó de la siguiente manera en el GLEAM (véase Cuadro A).

- En cada píxel (la más pequeña unidad de producción en el GLEAM), el valor de referencia de la digestibilidad de los piensos se sustituyó con el valor del 10% de los píxeles que tenían la mayor digestibilidad en la zona climática (esto es, el valor del 90° percentil en cada zona agroecológica).
- La edad en la primera parición se calculó suponiendo que un aumento del 1% en la digestibilidad daba lugar a una disminución del 4% de la edad en la primera parición. Este supuesto se basa en la relación entre la digestibilidad de la alimentación y la tasa de crecimiento de los animales (Keady *et al.*, 2012; Steen, 1987; Manninen *et al.*, 2011; Scollan *et al.*, 2001; Bertelsen *et al.*, 1993), y en el supuesto de que la tasa de crecimiento y la edad en la primera parición van juntas.

- Los rendimientos de leche se volvieron a calcular suponiendo que un aumento del 1% de la digestibilidad de la ración determinaría un aumento del rendimiento de leche de 5 puntos porcentuales (Keady *et al.*, 2012; Manninen *et al.*, 2011; Scollan *et al.*, 2001; Bertelsen *et al.*, 1993).

#### Mejoras de la sanidad y la cría

Se puede lograr un aumento de la cohorte productiva dentro del hato mediante el manejo de la reproducción (disminución de la edad en la primera parición y de la tasa de reposición de las vacas en lactación), la mejora de la sanidad animal (disminución de la mortalidad) y reducción de la cohorte de terneros machos utilizando el sexaje del semen en zonas en que los terneros machos no se utilizan para fines de producción.

La adopción de prácticas de manejo de la reproducción y de sanidad animal mejoradas se modelizó de la siguiente manera en el GLEAM (véase Cuadro A):

- Las tasas de reposición y las tasas de mortalidad se alinearon con las de los sistemas de explotación mixtos de Asia oriental.
- La relación de terneros hembras con respecto a los machos se modificó en la India, pasando del nivel de referencia de 50:50 a 80:20. Esta modificación se basa en el supuesto de que el 50% de las granjas usan la inseminación artificial (según NDDB, 2013); en el 25% de estas granjas se aplica el sexaje del semen, y donde se aplica el sexaje de semen, la relación entre hembras y machos se modifica a 80:20 (Rath y Johnson, 2008, DeJarnette *et al.*, 2009; Norman *et al.*, 2010; Borchensen y Peacock, 2009).

cializada en el mundo, y el 17% de la producción mundial de carne de vacuno proveniente de cabañas de carne y cabañas lecheras.

#### Emisiones

La producción de carne de vacuno especializada de América del Sur emite alrededor de 1 000 mi-

llones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq de GEI por año, y contribuye con el 54% de las emisiones causadas por la producción mundial de carne especializada y el 15% de emisiones producidas por todo el sector ganadero en el mundo.

Las emisiones del sector de carne de vacuno especializada de América del Sur proceden prin-

**CUADRO A. Parámetros del GLEAM modificados para evaluar el potencial de mitigación de los sistemas mixtos lecheros de Asia meridional**

Parámetros del GLEAM	Referencia	Escenario de mitigación	Notas
<b>Módulo de piensos</b>			
Digestibilidad media de los piensos dados a las vacas en lactación ( <i>porcentaje</i> )	árida: 54,8 (6,4) <sup>1</sup> húmeda: 53,3 (7,8) <sup>1</sup> templada: 55,6 (6,4) <sup>1</sup>	árida: 63,4 húmeda: 62,7 templada: 59,4	Valor de la digestibilidad de los piensos en el 90° percentil <sup>2</sup> en cada zona climática – véase texto.
<b>Módulo del hato</b>			
Tasa de reposición de vacas en lactación ( <i>porcentaje</i> )	21,0	18,0	Alineado con el valor medio del GLEAM para los sistemas mixtos en Asia oriental.
Tasas de mortalidad ( <i>porcentaje</i> )	terneras: 22,0 terneros: 52,0 <sup>3</sup> otras cohortes: 8,0	terneras: 17,0 terneros: 47,0 <sup>3</sup> otras cohortes: 7,0	Alineado con el valor medio del GLEAM para los sistemas mixtos de Asia oriental.
Edad en la primera parición ( <i>año</i> )	3,1	2,5 a 2,9	El aumento supuesto del 1% de la digestibilidad dará lugar a una reducción del 4% de la edad en la primera parición – véase texto.
Relación entre terneros hembras y machos	50:50	80:20	Técnica del sexaje de semen aplicada al 25% de las vacas lecheras sólo en la India.
<b>Módulo del sistema</b>			
Rendimiento lechero	200 a 1 500 kg	200 a 3 587 kg	El aumento supuesto del 1% de la digestibilidad de los piensos aumentará el rendimiento lechero del 5%– véase texto.

<sup>1</sup> Digestibilidad media y desviación estándar.

<sup>2</sup> El valor de la digestibilidad de los piensos por debajo del cual se encuentra el 90% de los píxeles.

<sup>3</sup> Se aplica sólo a la India.

principalmente de las tres fuentes siguientes: fermentación entérica (30%); producción de piensos, proveniente fundamentalmente del estiércol depositado en los pastizales (23%), y cambio de uso de la tierra (40%).

Las intensidades de emisión de las cadenas de suministros de carne de vacuno especializada de

América del Sur y del mundo son de 100 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal y 68 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal, respectivamente. A continuación se indican los principales motivos que explican este elevado nivel de intensidad de emisiones:

- **El cambio de uso de la tierra.** La intensidad

relativamente alta del sector en América del Sur se deriva en su mayor parte de las emisiones relacionadas con el cambio de uso de la tierra. Si se excluyen estas emisiones, la intensidad de emisión media para el sector en América del Sur desciende a 60 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo, esto es, sólo 9% por encima de la media mundial de 55 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo. Las emisiones relacionadas con el cambio de uso de la tierra son mayores en esta región debido a la deforestación causada por la expansión de las tierras de pastoreo<sup>27</sup>.

- **Emisiones procedentes de los piensos relacionadas con el depósito del estiércol sobre los pastizales.** Si se excluyen las emisiones derivadas de un cambio de uso de la tierra, las diferencias restantes en las intensidades de emisión se pueden explicar por las mayores emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de los piensos en América del Sur; las intensidades de emisión de N<sub>2</sub>O provenientes de los piensos utilizados en la producción de carne de vacuno especializada es superior en un 33% en América del Sur que en el mundo en su conjunto (23 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo frente a 17 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo). Esto se debe a que en América del Sur la producción de carne se basa en su mayor parte en el pastoreo, los animales crecen a un ritmo relativamente más lento, y el estiércol depositado en los pastizales es propenso a la formación de N<sub>2</sub>O.
- **Una mayor sobrecarga de reproducción.** Dado que el hato de reproducción emite un porcentaje desproporcionadamente elevado de emisiones, pero produce muy poco, su contribución a las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico es muy superior a la del resto del hato. El tamaño de la sobrecarga de reproducción guarda relación con unos índices de crecimiento relativamente bajos (0,34 kilogramos por cabeza al día para las hembras y 0,43 kilogramos

por cabeza al día para los machos en comparación con las medias globales 0,45 kilogramos por cabeza al día para las hembras y 0,57 kilogramos por cabeza al día para los machos) y unas tasas de fertilidad más bajas (73% en comparación con la media global del 79%). Unos índices de crecimiento más bajos determinan un aumento de la edad en la primera parición (las terneras necesitan más tiempo para alcanzar la madurez sexual) y del tiempo necesario para que los animales de carne alcancen el peso de sacrificio. Por otro lado, las tasas de mortalidad y la digestibilidad media de la dieta en América del Sur son similares a las medias mundiales.

#### Intervenciones de mitigación examinadas

El presente estudio de caso examinó el potencial de mitigación de las siguientes intervenciones seleccionadas:

- **Mejora de la calidad de los pastos.** La siembra de pastos de mejor calidad y la mejora del manejo de los pastos pueden producir mejoras en la digestibilidad del forraje y la calidad de los nutrientes. Esto hace que los índices de crecimiento de los animales aumenten y que la edad en la primera parición se adelante. Además, la mejora de la nutrición puede aumentar las tasas de fertilidad de las vacas y reducir las tasas de mortalidad de los terneros y animales maduros y, por consiguiente, mejorar el rendimiento de los animales y el hato (FAO, 2013c).
- **Mejoras de la sanidad animal y la cría.** Se considera también que las medidas sanitarias preventivas, como las vacunas contra enfermedades y la reducción del estrés (protección contra el sol y suministro de agua) contribuyen a reducir las tasas de mortalidad y aumentar el crecimiento y las tasas de fertilidad, mejorando de este modo el rendimiento de los animales y el hato.
- **Manejo intensivo del pastoreo (retención de carbono en el suelo).** También se evalúa el impacto de la mejora del manejo del pastoreo

<sup>27</sup> Véase FAO, 2013a.

**CUADRO 13.** Estimaciones de la mitigación calculadas para la producción de carne de vacuno especializada en América del Sur

	Templada	Húmeda	Árida	Total
<b>Total potencial de mitigación</b> (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	9,2 a 13,0	156,0 a 255,0	24,0 a 42,0	190,0 a 310,0
	(porcentaje)			
<b>Porcentajes de las emisiones de referencia</b>	<b>39,4 a 57,5</b>	<b>17,5 a 28,4</b>	<b>16,3 a 28,9</b>	<b>17,7 a 28,8</b>
<b>... de los cuales:</b>				
Calidad de piensos mejorada	4,4 a 10,0	3,6 a 8,9	3,5 a 8,9	3,6 a 9,0
Fertilidad mejorada	7,5 a 12,0	3,7 a 5,7	3,2 a 5,4	3,7 a 5,8
Mortalidad reducida	20,0 a 28,0	9,4 a 13,0	8,0 a 13,0	9,4 a 13,0
Retención de C en el suelo	7,5	0,8	1,6	1,0

(equilibrio mejorado entre el crecimiento y/o la disponibilidad del forraje y el pastoreo) en la promoción de producción de forraje y retención de carbono en el suelo.

El potencial de mitigación de las dos primeras opciones se calculó modificando los parámetros relacionados con la calidad de los piensos y el rendimiento de los animales (índices de crecimiento, edad en la primera parición, tasas de fertilidad, tasas de mortalidad) en el GLEAM, mientras que la tercera opción se evaluó utilizando el modelo Century. El potencial de mitigación se calculó en relación con dos escenarios: uno con supuestos moderados y el otro con supuestos más optimistas sobre la eficacia de las opciones de mitigación (Nota técnica 3).

### Potencial de mitigación estimado

Con mejoras viables en calidad del forraje, en la sanidad y la cría, y en la retención del carbono, las emisiones se podrían reducir en un 18% a un 29% con respecto a las emisiones de referencia, o entre 190 y 310 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq (Cuadro 13).

En cada zona climática, las reducciones de la tasa de mortalidad son las que más contribuyen a la mitigación. La calidad de los piensos y la fertilidad contribuyen con porcentajes semejantes, mientras que la retención de carbono en el suelo

tiene un impacto más moderado pero aún importante, especialmente en la zona climática templada. Se estima que la retención total anual del carbono del suelo, en un superficie de alrededor de 80 millones de hectáreas de pastizales, es de 11 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq por año. A título comparativo, el Gobierno brasileño se ha comprometido a alcanzar el objetivo de retención de carbono de 83-104 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq mediante el restablecimiento de 15 millones de hectáreas de pastizales degradados entre 2010 y 2020, en el marco de su programa de Agricultura Baja en Carbono (ABC),<sup>28</sup> lo que se traduce en una retención de carbono anual de 8,3-10,4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq. Aunque es muy parecida a la tasa estimada en este estudio, el programa ABC se aplica a un área más pequeña y al restablecimiento de pastizales degradados, mientras que esta evaluación se basa en la optimización de la intensidad del pastoreo en todos los pastizales. Sin embargo, las elevadas tasas de retención de carbono por hectárea del programa ABC están en consonancia con las publicaciones sobre la retención de carbono relacionada con el restablecimiento de pastizales degradados (Conant y Paustian, 2002).

Los efectos combinados de las medidas de mitigación reducen el número total de animales en el

<sup>28</sup> <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas>

## NOTA TÉCNICA

### MODELIZACIÓN DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN PORCINA INTENSIVA EN ASIA ORIENTAL Y SUDORIENTAL

#### Mejora de la gestión del estiércol

Ideados para tratar el estiércol líquido, los digestores anaerobios son una de las prácticas más prometedoras para la mitigación de las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del estiércol (Safley y Westerman, 1994; Masse et al., 2003a,b). Cuando se utilizan correctamente, los digestores anaerobios constituyen también una fuente de energía renovable en forma de biogás, que se compone en un 60% a un 80% de CH<sub>4</sub>, dependiendo del sustrato y las condiciones operacionales (Roos et al., 2004). La mejora de la gestión del estiércol se modelizó de la siguiente manera en el GLEAM: se redujo la cantidad de estiércol tratado en forma líquida o en lotes secos y se aumentó al 60% la cantidad del estiércol tratado en digestores anaerobios (Cuadro A). En el caso de Tailandia, esta cantidad se aumentó al 70%, a partir del nivel de referencia del 15%. Se estimó el biogás producido por digestión anaerobia del estiércol y se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq que se ahorraron gracias a la sustitución del combustible fósil (en los dos escenarios de mejora de la eficacia energética).

#### Adopción de tecnologías energéticas más eficaces y de energía hipocarbónica

Kimura (2012) examina dos posibles tendencias energéticas en la región hasta 2035. La primera (escenario ESV) refleja los objetivos y planes de acción actuales de cada país; la segunda (escenario EPA) incluye objetivos y planes de acción adicionales y más voluntarios que actualmente son objeto de examen en cada país. Una sustitución parcial del carbón y el petróleo con fuentes de energía renovable y nucleares, la adopción de tecnologías no contaminantes de uso del carbón y la retención y almacenamiento del carbono pueden reducir las emisiones debidas a la energía en un 8% en el escenario ESV y en un 19% en el EPA.

Dado que del 85% al 95% de las emisiones debidas al uso de energía en las cadenas de suministro de cerdos de la región tiene lugar fuera de las granjas (fertilizantes e industrias alimentarias, transporte de piensos y productos, etc.), se supuso que la eficacia en el uso de la energía lograda a nivel de toda la economía también se aplicaba a la producción ganadera (15% en el escenario ESV y 32% en el EPA).

La mejora de la eficacia en el uso de la energía y la intensidad de emisión de la energía se modelizaron en el GLEAM reduciendo la intensidad de emisiones de la energía en un 23% en el escenario ESV y en un 46% en el escenario EPA, en consonancia con Kimura (2012).

#### Mejora de la calidad de los piensos, la sanidad animal y la cría en los sistemas intermedios

Aumentar el porcentaje de ingredientes de alta calidad (por ejemplo, cereales, tortas oleaginosas, aditivos minerales) en la cesta de piensos mejora la digestibilidad y el rendimiento de los animales. Reduce las emisiones derivadas del estiércol porque se encuentra menos nitrógeno y materia orgánica en las heces por unidad de carne producida. Las medidas sanitarias contribuyen a reducir las tasas de mortalidad y aumentar la edad en la primera parición y la edad de destete. Globalmente, esto también disminuirá la intensidad de las emisiones al aumentar la producción.

La adopción de calidad de piensos mejorada se modelizó de la siguiente manera en el GLEAM:

- El valor de referencia de la digestibilidad de los piensos de los sistemas intermedios se sustituyó con el valor del 10% de los píxeles que tenían la mayor digestibilidad en los sistemas intermedios de la región (esto es, el valor del 90º percentil);
- Los parámetros relativos al rendimiento de los animales (aumento de peso diario, edad de destete, edad en la primera parición y tasas de mortalidad) se alinearon con los valores medios en el GLEAM entre los sistemas intermedios e industriales a nivel nacional.

Se supuso que la mejora de la digestibilidad de los piensos se lograría mediante la sustitución parcial de los productos de arroz con el maíz (predominante en la cesta de piensos del 90º percentil). Dada la alta intensidad de emisión del arroz, esto daría lugar a un menor intensidad de emisión de los piensos. Sin embargo, la sustitución podría, por el contrario, aumentar la intensidad de emisiones de los piensos: en efecto, la mayor demanda de maíz podría favorecer la expansión de la tierra agrícola y, por tanto, el aumento de la intensidad de emisiones de los piensos. Para abordar este asunto habría que realizar análisis

consecuenciales y, en particular, predecir las respuestas de la oferta y los cambios en los flujos comerciales ocasionados por la modificación de las prácticas de alimentación. Las incertidumbres relacionadas con este tipo de estimaciones son considerables y difícilmente se podrán determinar a escala global. Además, esta tarea está fuera del alcance de esta evaluación. Sin embargo, el potencial de mitigación se volvió a

calcular con una intensidad de emisión mayor: utilizando una intensidad de emisión de 0,9 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de materia seca (en lugar de 0,79 kilogramo de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de materia seca), se tendría un potencial de mitigación del 24% de las emisiones de referencia en el escenario energético ESV y del 30% en el escenario EPA.

**CUADRO A. Parámetros del GLEAM modificados para evaluar el potencial de mitigación de la producción intensiva de cerdos en Asia oriental y sudoriental a**

Parámetros GLEAM	Referencia	Escenario de mitigación		Notas
<b>Módulo del estiércol</b>				
Estiércol tratado en digestores anaerobios (porcentaje)	7,0 (15,0 en Tailandia)	60,0		
<b>Módulo de los piensos</b>				
Digestibilidad del pienso (porcentaje)	76,0	78,0		Valor de la digestibilidad del pienso del 90° percentil de los sistemas intermedios.
Contenido de N en el pienso (g N/kg MS)	31,8	33,8		
Energía disponibles en el pienso (kJ/kg MS)	18,7	19,8		
Energía digestible en el pienso (kJ/kg MS)	14,3	14,8		
Energía metabolizable en el pienso (kg CO <sub>2</sub> -eq/kg MS)	13,8	14,2		
Intensidad de emisión del pienso (kg CO <sub>2</sub> -eq/kg SM)	0,89	0,79		
<b>Módulo del hato<sup>1</sup></b>				
	<b>Asia oriental y sudoriental</b>	<b>Asia oriental</b>	<b>Asia sudoriental</b>	
Aumento de peso diario (kg/día/animal)	0,48	0,53	0,58	Alineado al valor medio en el GLEAM entre sistemas intermedios e industriales, a nivel nacional.
Edad de destete (días)	40,0	32,5	37,0	
Edad en la primera parición (años)	1,25	1,13	1,13	
Tasa de mortalidad animales adultos (porcentaje)	3,0	4,3	4,3	
Tasa de mortalidad de lechos (porcentaje)	15,0	13,0	13,0	
Tasa de mortalidad animales de reposición (porcentaje)	4,0	3,5	3,5	
Tasa de mortalidad de animales de engorde (porcentaje)	2,0	3,5	3,5	
<b>Módulo del sistema</b>				
Reducción de las emisiones derivadas de la energía usada para producir piensos (porcentaje)	NA	<b>ESV</b> - 23	<b>EPA</b> - 46	Basado en Kimura (2012).
<b>Uso directo e indirecto de energía en la granja</b>				
Cambio en la intensidad de emisión de la energía (porcentaje)		<b>BAU</b> - 23	<b>APS</b> - 46	Basado en Kimura (2012).
<b>Emisiones posteriores a la granja</b>				
Cambio en la intensidad de emisión de la energía (porcentaje)	NA	<b>BAU</b> - 23	<b>APS</b> - 46	Basado en Kimura (2012).

<sup>1</sup> Solamente para sistemas intermedios.

NA = No aplicable.

hato en un 25% (en el escenario más optimista). La mayor parte de esta reducción se debe al descenso de la sobrecarga de reproducción, que disminuye en un 36%. Aún más importante, los efectos combinados del aumento de las tasas de crecimiento y fertilidad y de la disminución de las tasas de mortalidad reducen el número requerido de hembras de reposición en un 44%. Con un hato más productivo, se necesitan menos hembras adultas, y se necesitan menos terneras como animales de reposición. Como consecuencia, el porcentaje de animales de engorde sacrificados que son hembras pasa del 49% correspondiente al valor de referencia al 65%.

## 6.4 PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES EN ÁFRICA OCCIDENTAL

### Principales características

#### Producción

El sector de los pequeños rumiantes en África occidental<sup>29</sup> produjo 642 000 toneladas de carne<sup>30</sup> en 2005, equivalente al 53% del total de carne de ganado rumiante producida en África occidental. Además, el sector suministró 728 000 toneladas de LNGP, es decir, aproximadamente un tercio del total de la leche producida en la región.

Debido a su resistencia, los pequeños rumiantes son idóneos para la región y constituyen una fuente de alimentación e ingresos importante y relativamente de bajo riesgo para los hogares vulnerables (Kamuanga *et al.*, 2008). En la región, del 40% al 78% de los ingresos de los habitantes rurales proceden de la agricultura (Reardon, 1997).

#### Emisiones

La intensidad de emisión de la producción de carne de pequeños rumiantes en África occidental es de 36 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal, es decir, superior en 55% a la media mundial de 23 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilo-

gramo de peso en canal. La intensidad de emisión de la producción de leche de pequeños rumiantes en África occidental es de 8,2 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de LNGP, es decir, superior en 30% a la media mundial de 6,8 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de LNGP. Los niveles de intensidad de emisión se pueden explicar por la baja productividad de los rebaños, debida a la deficiente sanidad animal y nutrición:

- **Mala calidad de los piensos (baja digestibilidad de los piensos).** En África occidental, la digestibilidad media de los piensos para los pequeños rumiantes es del 55% en comparación con la media mundial del 59%. La escasa digestibilidad da lugar a un aumento de las emisiones de CH<sub>4</sub> digestivo. Como consecuencia, África occidental tiene niveles de intensidad de emisiones de CH<sub>4</sub> entérico más elevados para la carne de pequeños rumiantes, a saber, 25 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal, en comparación con la media mundial de 13 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de peso en canal.
- **Deficiente sanidad animal.** La combinación de la mala calidad de los piensos y la deficiente sanidad animal reduce la productividad de los pequeños rumiantes a través de sus repercusiones negativas en las tasas de crecimiento, fertilidad y mortalidad; en África occidental, los índices de crecimiento de los animales hembras y machos son de 0,04 kilogramo por cabeza al día y 0,05 kilogramo por cabeza al día respectivamente, en comparación con las índices medios mundiales de 0,07 kilogramo por cabeza al día y 0,09 kilogramo por cabeza al día; la tasa de fertilidad es del 82,6% en comparación con la media mundial del 84,3%; y las tasas de mortalidad de animales adultos y jóvenes son del 9,5% y 26,0%, respectivamente, en comparación con las medias mundiales del 8,8% y el 20,6%. La combinación de tasas más bajas de crecimiento y fertilidad y de tasas más altas de mortalidad aumenta el tamaño de la sobrecarga de reproducción.

<sup>29</sup> La región de África occidental abarca los siguientes países: Benin, Burkina Faso, Cabo Verde, Cote d'Ivoire, Gambia, Ghana, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, el Níger, Nigeria, Santa Elena, Senegal, Sierra Leona y Togo.

<sup>30</sup> Expresadas en términos de peso en canal.

**CUADRO 14.** Estimaciones de la mitigación calculadas para el sector de los pequeños rumiantes en África occidental

	Ovejas	Cabras	Total
<b>Total potencial de mitigación</b> (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	<b>4,7 a 7,1</b>	<b>3,0 a 4,9</b>	<b>7,7 a 12,0</b>
	(percentage)		
<b>Porcentaje de las emisiones de referencia</b>	<b>32,7 a 48,7</b>	<b>20,7 a 33,1</b>	<b>26,6 a 41,3</b>
<b>... de las cuales:</b>			
Calidad de piensos mejorada	4,7 a 12,0	5,4 a 13,0	5,0 a 13,0
Fertilidad mejorada	6,0 a 6,7	1,9 a 2,5	4,0 a 4,6
Mortalidad mejorada	11,0 a 19,0	5,0 a 9,2	7,9 a 14,0
Retención de C en el suelo	11,0	8,4	9,7

### Intervenciones de mitigación examinadas

El estudio de caso examinó las opciones de mitigación que afrontan las causas principales de la baja productividad de los animales y el rebaño:

- **Mejora de la calidad del forraje.** Se puede mejorar la digestibilidad de los piensos mediante la elaboración de residuos agrícolas disponibles localmente (por ejemplo, el tratamiento de la paja con urea) y la complementación de la dieta con forrajes verdes de mejor calidad, como los árboles forrajeros de leguminosas de múltiple finalidad, cuando se disponga de ellos. La mejor digestibilidad de los piensos da lugar a un mejor rendimiento de los animales y el rebaño.
- **Mejora de la sanidad animal, la cría y la selección.** Las medidas sanitarias preventivas, como las vacunas para controlar las enfermedades, la reducción del estrés (protección contra el sol y suministro de agua), y las estrategias de selección con baja utilización de insumos contribuyen a reducir las tasas de mortalidad y a aumentar las tasas de fertilidad, y de esta manera mejoran el rendimiento de los animales y el rebaño.
- **Manejo mejorado del pastoreo (retención de carbono en el suelo).** La mejora del manejo del pastoreo (mayor movilidad y mejor equilibrio entre pastoreo y períodos de descanso) puede tener un impacto positivo en la producción de forraje y la retención de carbono en el suelo.

El potencial de mitigación de las dos primeras opciones se calculó modificando los parámetros relativos a la calidad de los piensos y el rendimiento de los animales (índices de crecimiento, rendimientos de leche, edad en la primera parición, tasas de fertilidad, tasas de mortalidad) en el GLEAM, mientras que la tercera opción se evaluó utilizando el modelo Century. Al igual que en el tercer estudio de caso, el potencial de mitigación se calculó para dos escenarios: uno con supuestos moderados y el otro con supuestos más optimistas con respecto a la eficacia de las opciones de mitigación (Nota técnica 4).

### Potencial de mitigación estimado

Con mejoras viables en la digestibilidad del forraje, en la sanidad animal, en la cría y selección, y en la retención del carbono, las emisiones se pueden reducir posiblemente entre un 27% y un 41% del total de las emisiones de referencia, o de 7,7 a 12 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq (Cuadro 14).

El potencial de mitigación para las ovejas es mayor que para las cabras, debido a que las ovejas tienen diferencias más amplias salvables en las tasas de fertilidad y de mortalidad que las cabras, lo que da al subsector un margen mayor para mejorar el rendimiento de los animales y el rebaño.

La reducción de las tasas de mortalidad es lo que más contribuye a la mitigación en el caso de las ovejas, mientras que la mejora de calidad de los piensos es más eficaz en el caso de las cabras. La

## NOTA TÉCNICA

### MODELIZACIÓN DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE VACUNO ESPECIALIZADA EN AMÉRICA DEL SUR

#### Mejora de la calidad de los pastos (digestibilidad, índices de crecimiento y edad en la primera parición)

La digestibilidad de las gramíneas se puede mejorar mediante prácticas que reducen la concentración de la pared celular (Jung and Allen, 1995), entre ellas la siembra de pastos de mejor calidad y la mejora del manejo de los pastos (FAO, 2013c; Alcock y Hegarty, 2006; Wilson y Minson, 1980). Según Thornton y Herrero (2010), se ha estimado que la sustitución de las gramíneas nativas del Cerrado con pastos de tipo *Brachiaria* más digestibles aumenta en un 170% las tasas de crecimiento diario de los animales de carne.

Las mejoras de la calidad del forraje se modelizaron de la siguiente manera en el GLEAM:

- Se supuso un aumento de la digestibilidad total de la dieta de entre el 1% y el 3%.
- Las tasas de crecimiento se calcularon suponiendo que cada aumento del 1% en la digestibilidad de la dieta determinaba un aumento del 4% de la tasa de crecimiento media anual de los animales de carne (Keady *et al.*, 2012; Steen, 1987; Manninen *et al.*, 2011; Scollan *et al.*, 2001; Bertelsen *et al.*, 1993).

#### Mejoras de la sanidad animal y la cría (tasas de fertilidad y mortalidad)

En los países en desarrollo, la nutrición inadecuada es el principal factor que limita la fertilidad de los animales rumiantes (FAO, 2013c); por consiguiente, las ya mencionadas mejoras de la calidad de los piensos contribuirán a mejorar la fertilidad. Además de la nutrición, se considera que la reducción del estrés (mediante la mejora del acceso a la protección contra el sol y al agua), y las medidas sanitarias preventivas, como las vacunas para reducir la incidencia de las enfermedades, también contribuyen a disminuir las tasas de mortalidad y aumentar las tasas de fertilidad. Los efectos combinados de las mejoras en la digestibilidad de los piensos, la sanidad animal y la cría de animales se caracterizan por los siguientes ajustes a

los parámetros de rendimiento de los animales y el hato en el GLEAM:

- Las tasas de fertilidad de las hembras adultas aumentan, pasando de unas tasas medias de entre el 69% y el 74% a otras comprendidas entre el 85% y el 90%. El límite superior en cada zona climática se basa en la comunicación personal con un experto regional en producción animal (Díaz, 2013).
- También se utilizó una serie de mejoras de las tasas de mortalidad. Las mejoras del límite superior de las tasas de mortalidad que figura en el Cuadro A se basan en las mejores tasas medias nacionales observadas en el GLEAM en la región de América Latina y el Caribe, mientras que las tasas de mejora del límite inferior se calculan como la media entre estas mejores tasas observadas y las tasas de referencia. Representan lo que se puede lograr basándose en supuestos más prudentes sobre la eficacia de las opciones de mitigación.

#### Mejora del manejo del pastoreo (retención de carbono en el suelo)

Las estimaciones relativas a la retención de carbono en el suelo en los pastizales se han tomado de un estudio de la FAO (Capítulo 2 y Apéndice), que utiliza el modelo Century para estimar el potencial de retención de carbono del suelo en los pastizales del mundo. Las tasas de retención por hectárea, pertinentes a los hatos de producción de carne especializada en tierras de pastoreo de América del Sur, se tomaron de esta evaluación basada en el modelo Century (Cuadro A).

El enfoque utilizado en la evaluación basada en el modelo Century consistió en ajustar las intensidades de pastoreo hacia arriba y hacia abajo, para adaptarlas mejor a los recursos forrajeros de los pastizales y, por tanto, aumentar la producción de forraje. Al aumentar la producción de forraje, mayor cantidad de materia orgánica retorna a los suelos, lo que aumenta la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo (Conant *et al.*, 2001). Para más detalles, véase el Apéndice.

### CUADRO A. Parámetros modificados del GLEAM para evaluar el potencial de mitigación de la producción de carne de vacuno especializada en América del Sur

Parámetros GLEAM	Referencia	Escenario de mitigación	Notas
<b>Módulo de los piensos</b>			
Calidad de los piensos	<i>(porcentaje)</i>		
Digestibilidad de los piensos – templada	57,0	58,0 a 60,0	Supuesto un aumento del 1% al 3% en cada zona agroecológica (ZAE) Véase la descripción de las opciones para lograrlo en el texto.
Digestibilidad de los piensos – húmeda	63,0	64,0 a 66,0	
Digestibilidad de los piensos – árida	63,0	64,0 a 66,0	
<b>Módulo del hato</b>			
Rendimiento animal – vinculado a la calidad de los piensos	<i>(kg/díanimal)</i>		
Aumento de peso diario	<i>(kg/díanimal)</i>		
Hembra – templada	0,31	0,32 a 0,35	
Macho– templada	0,40	0,42 a 0,45	
Hembra – húmeda	0,33	0,34 a 0,37	
Macho– húmeda	0,42	0,44 a 0,47	
Hembra – árida	0,38	0,39 a 0,42	
Macho– árida	0,48	0,50 a 0,54	
Edad en la primera parición	<i>(años)</i>		
Templada	3,5	3,3 a 3,0	Tasa de crecimiento vinculada con digestibilidad basándose en la literatura. Véase descripción en el texto.
Húmeda	3,4	3,2 a 2,9	
Árida	3,1	3,0 a 2,7	
Rendimientos de los animales - fertilidad y mortalidad	<i>(porcentaje)</i>		
Hembra adulta tasa de fertilidad – templada	69,0	80,0 a 90,0	Maximum based on expert knowledge (Díaz, 2013). Lower range is midpoint between maximum and observed.
Hembra adulta tasa de fertilidad – húmeda	73,0	79,0 a 85,0	
Hembra adulta tasa de fertilidad – árida	74,0	79,0 a 85,0	
Tasa de mortalidad de animales adultos – templada	19,0	13,0 a 8,0	Minimum based on the best country average rate in Central America. Upper range is midpoint between maximum and observed.
Tasa de mortalidad de animales adultos – húmeda	15,0	11,0 a 8,0	
Tasa de mortalidad de animales adultos – árida	14,0	11,0 a 8,0	
Tasa de mortalidad de terneros – templada	9,0	6,0 a 2,0	Mínimo basado en la mejor tasa media nacional en América del Sur. El límite superior es el punto medio entre valores los máximos y los observados.
Tasa de mortalidad de terneros – húmeda	6,0	4,0 a 2,0	
Tasa de mortalidad de terneros – árida	5,0	4,0 a 2,0	
<b>Retención de carbono en el suelo</b>	<i>(toneladas de CO<sub>2</sub>-eq/ha/año)<sup>1</sup></i>		
Templada	0,00	0,04	Productos del análisis del modelo Century. Tasas aplicadas a 5,3, 73,1, y 71,4 millones de hectáreas respectivamente para las ZAE templada, húmeda y árida.
Húmeda	0,00	0,12	
Árida	0,00	0,08	

<sup>1</sup>Not in GLEAM, cf. Chapter 2.

## 4 NOTA TÉCNICA

### MODELIZACIÓN DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES EN ÁFRICA OCCIDENTAL

#### Mejoras en la calidad del forraje (digestibilidad, índices de crecimiento y rendimientos de leche)

La elaboración de residuos agrícolas disponibles localmente y la complementación de la dieta con forrajes verdes de calidad relativamente buena, como los árboles forrajeros de leguminosas de múltiple finalidad, cuando se disponga de ellos, mejora la digestibilidad de los piensos (véase, por ejemplo, Mohammad Saleem, 1998; Mekoya *et al.*, 2008; Oosting *et al.*, 2011). El tratamiento con urea es una opción viable para mejorar la digestibilidad y el valor nutritivo de residuos agrícolas como la paja, que comprende un porcentaje importante (39%) de raciones para pequeños rumiantes. Este enfoque puede aumentar la digestibilidad de los residuos agrícolas en aproximadamente 10 puntos porcentuales (Walli, 2011).

La mejora de la calidad del forraje se modelizó de la siguiente manera en GLEAM:

- La digestibilidad de la dieta se aumentó entre un 1% y un 3%.
- Los índices de crecimiento se volvieron a calcular suponiendo que un aumento del 1% en la digestibilidad de la dieta determinaba un aumento del 4% del índice de crecimiento anual medio de los animales (Keady *et al.*, 2012; Steen, 1987; Manninen *et al.*, 2011; Scollan *et al.*, 2001; Bertelsen *et al.*, 1993).
- Se supuso que un aumento del 1% en la digestibilidad de la ración estimularía un aumento del rendimiento lechero de 4,5 puntos porcentuales (Keady *et al.*, 2012; Manninen *et al.*, 2011; Scollan *et al.*, 2001; Bertelsen *et al.*, 1993).

#### Mejora de la sanidad animal, la cría y selección (tasas de fertilidad y mortalidad)

En los países en desarrollo, la inadecuada nutrición es el factor principal que limita la fertilidad de los animales rumiantes (FAO, 2013c), por lo que las mejoras antes mencionadas de la calidad de los piensos contribuirán a mejorar la fertilidad. Las estrategias de selección con baja utilización de insumos, como la reducción de la consanguinidad (Zi, 2003; Berman *et al.*, 2011), y la selección de sementales de apareamiento de entre los animales sumamente fértiles para mejorar la fertilidad (FAO, 2013c) se consideran opciones a largo plazo. Además de la nutrición, la salud de los animales resulta afectada por muchos aspectos del sistema de produc-

ción: la reducción del estrés (mediante la mejora del acceso a la protección contra el sol y al agua) y las medidas sanitarias preventivas, como vacunaciones para reducir las tasas de infección, también se consideran que influyen de manera importante en la reducción de las tasas de mortalidad y el aumento de las tasas de fertilidad.

Los efectos combinados de las mejoras en la digestibilidad de los piensos, la sanidad animal y la cría se caracterizaron por las siguientes modificaciones de los parámetros relativos al rendimiento de los animales y el rebaño en el GLEAM. Las tasas de fertilidad y de mortalidad de corderos/cabritos y animales adultos se ajustaron de la siguiente manera: las mejoras en el límite superior de las tasas de fertilidad indicadas en el Cuadro A se basaron en las mejores tasas medias nacionales observadas en el GLEAM en la región de África del Norte para las ovejas y las cabras, mientras que las mejoras en el límite superior de las tasas de mortalidad se basaron en las mejores tasas medias nacionales observadas en el GLEAM en las regiones de África occidental y Asia occidental para las ovejas y las cabras, respectivamente. Las mejoras en el extremo inferior de las tasas, en todos los casos, se calcularon como la media entre estas mejores tasas observadas y las tasas de referencia. Representan lo que se puede lograr con los supuestos más prudentes en relación con la eficacia de las opciones de mitigación.

#### Mejora del manejo del pastoreo (retención de carbono en el suelo)

Las estimaciones relativas a la retención de carbono en el suelo de los pastizales se tomaron de un estudio de la FAO (Capítulo 2 y Apéndice), que usa el modelo Century para estimar el potencial de retención de carbono en el suelo para los pastizales del mundo. Las tasas de retención por hectárea pertinentes al rebaño de pequeños rumiantes en las tierras de pastoreo de África occidental se tomaron de la evaluación basada en el modelo Century (Cuadro A).

El enfoque utilizado en la evaluación basada en el modelo Century consistió en ajustar las intensidades de pastoreo hacia arriba y hacia abajo para adaptarlas mejor a los recursos forrajeros de los pastizales y, por tanto, aumentar la producción de forraje. Esto se puede lograr aumentando la movilidad y haciendo

ajustes a los periodos de pastoreo y de descanso de los pastizales. Al aumentar la producción de forraje, mayor cantidad de materia orgánica retorna a los sue-

los, lo que aumenta la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo (Conant *et al.*, 2001). Para más detalle, véase el Apéndice.

#### CUADRO A. Opciones de mitigación evaluadas para el sector de los pequeños rumiantes en África occidental

Opciones de mitigación	Referencia	Escenario de mitigación	Notas
<b>Módulo de los piensos</b>			
Calidad de los piensos	<i>(porcentaje)</i>		
Digestibilidad de los piensos (ovejas)	54,0	55,0 a 57,0	Se supuso un aumento del 1% al 3% en cada ZAE. Véase la descripción de las opciones para lograrlo en el texto.
Digestibilidad de los piensos (cabras)	54,0	55,0 a 57,0	
<b>Módulo del hato</b>			
Rendimiento del animal – vinculado a la calidad del pienso			
Aumento diario de peso	<i>(kg/díanimal)</i>		
Ovejas (hembras)	0,054	0,057 a 0,062	Tasa de crecimiento vinculada a la digestibilidad basándose en la literatura. Véase descripción en el texto.
Ovejas (machos)	0,073	0,077 a 0,083	
Cabras (hembras)	0,033	0,034 a 0,043	
Cabras (machos)	0,038	0,040 a 0,043	
Rendimiento de leche	<i>(kg/díalhembra adulta)</i>		
Ovejas	0,085	0,089 a 0,096	
Cabras	0,135	0,141 a 0,153	
Edad en la primera parición	<i>(años)</i>		
Ovejas	1,42	1,35 a 1,23	
Cabras	1,90	1,81 a 1,64	
Rendimientos de los animales – fertilidad y mortalidad	<i>(porcentaje)</i>		
Tasa de fertilidad hembra adulta (ovejas)	78,0	83,0 a 88,0	Valores máximos basados en las medias nacionales más altas en África del Norte. El valor de nivel inferior es el punto medio entre los valores máximo y los observados.
Tasa de fertilidad hembra adulta (cabras)	88,0	90,0 a 92,0	
Tasa de mortalidad de animales adultos (ovejas)	13,0	10,0 a 8,0	Los valores mínimos para las ovejas y las cabras se basan en las medias nacionales más bajas en África occidental y Asia occidental. El valor de nivel superior es el punto medio entre los valores máximo y los observados.
Tasa de mortalidad de animales adultos (cabras)	7,0	5,0 a 4,0	
Tasa de mortalidad de corderos (ovejas)	33,0	23,0 a 13,0	
Tasa de mortalidad de cabritos (cabras)	21,0	18,0 a 16,0	
<b>Retención de carbono en el suelo<sup>1</sup></b>	<i>(ttoneladas de CO<sub>2</sub>-eq/halaño)</i>		
	0,00	0,17	Productos del análisis de la modelización de Century. Tasas aplicadas a 16,4 millones de hectáreas.

<sup>1</sup> No incluido en el GLEAM, cf. Capítulo 2.

retención de carbono en el suelo representa la tercera contribución más importante para el sector de los pequeños rumiantes en su conjunto (considerando el límite superior de las potencialidades de mitigación para otras prácticas), y compensa casi el 10% de sus emisiones totales.

Al igual que con todos los sectores de los rumiantes, se consumen considerables recursos, y se generan cuantiosas emisiones en el mantenimiento de grandes sobrecargas o poblaciones de animales, especialmente en el segmento reproductor del rebaño. Se estimó que los efectos combinados de las intervenciones de mitigación reducían las poblaciones de animales necesarios para apoyar la producción de referencia en un tercio en el caso de las ovejas, y en un quinto en el caso de las cabras.

## 6.5 PRODUCCIÓN LECHERA EN LOS PAÍSES DE LA OCDE

### Principales características

#### Producción

Los países pertenecientes a la OCDE<sup>31</sup>, aunque no representan más que el 20% de la población total de vacas lecheras, producen el 73% de la producción mundial de leche. En estos países, predominan los sistemas mixtos, que representan el 84% de la producción de leche. Dentro de la OCDE, la Unión Europea es responsable del 37% de la producción de leche, y América del Norte del 22%. Impulsada por la creciente demanda nacional y mundial de productos lácteos, la producción de leche está aumentando en América del Norte y Oceanía desde el decenio de 1980, pero ha permanecido estable en la Unión Europea como consecuencia de la política de contingentes aplicada desde entonces.

Los sistemas lecheros mixtos difieren entre los países de la OCDE, pero la mayoría de ellos comparten altos niveles de productividad y la capacidad de adoptar opciones de mitigación. Dada

estas similitudes, los países de la OCDE se evaluarán como grupo en este estudio de caso, aunque se presentan resultados para algunos de los países y regiones que forman parte de este grupo.

#### Emisiones

El promedio de la intensidad de emisión de la producción lechera mixta en los países de la OCDE es inferior al promedio mundial (1,7 y 2,9 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq por kilogramo de leche<sup>32</sup>, respectivamente). Sin embargo, los sistemas lecheros mixtos en los países de la OCDE siguen representando 391 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, que representan el 28% de las emisiones totales provenientes de la producción mundial de leche, y el 6% de las emisiones totales provenientes del sector ganadero mundial. Las fuentes principales de emisiones son:

- **Fermentación entérica.** En forma de CH<sub>4</sub>, es la fuente principal de emisiones y produce cerca del 30% de las emisiones totales provenientes de la leche en los sistemas mixtos en Europa occidental y América del Norte; el 42% en Europa oriental, y el 38% en Oceanía. El principal factor impulsor de las emisiones entéricas es la digestibilidad de los piensos, que hoy es relativamente alta en los países de la OCDE, a saber, el 72% en América del Norte, el 77% en Europa occidental y el 73% en Oceanía, en comparación con una media mundial del 60%.
- **Estiércol.** Las emisiones provenientes del estiércol son particularmente elevadas en los sistemas en que el ganado está confinando y el estiércol se maneja en forma líquida (por ejemplo, el purín acumulado en lagunas profundas), como en América del Norte, donde representa el 17% de las emisiones totales provenientes de la leche producida en sistemas mixtos. La media mundial para los sistemas mixtos es del 4%. Las emisiones son más bajas en Europa y Oceanía, donde el estiércol del ganado lechero no se almacena en lagunas sino

<sup>31</sup> Alemania, Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Eslovaquia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Luxemburgo, los Países Bajos, Polonia, Portugal, el Reino Unido, Suiza, Noruega, Islandia, Chile, México, Israel, Turquía, República de Corea, el Japón, Australia, Nueva Zelanda, el Canadá y los Estados Unidos de América.

<sup>32</sup> Leche normalizada en contenido de grasas y proteínas .

en fosas o se maneja en forma sólida o se deposita sobre los pastizales durante el pastoreo.

- **Emisiones provenientes de la energía relacionadas con la producción de piensos, las actividades en la granja y las actividades posteriores a la granja.** Las emisiones derivadas de la utilización de la energía en sistemas mixtos durante la producción de piensos (operaciones sobre el terreno, transporte y elaboración de piensos, y producción de fertilizantes), representan alrededor del 15% de las emisiones totales provenientes de la leche en América del Norte y Europa oriental y occidental. En Oceanía su contribución es mínima (4%). Las emisiones relacionadas con el uso de la energía en las unidades de explotación<sup>33</sup> en los sistemas mixtos son mayores en los países de la OCDE (cerca del 4% del total de las emisiones provenientes de la leche, frente a una media mundial del 2% para los sistemas mixtos), como consecuencia de los elevados niveles de mecanización. Las emisiones provenientes de las actividades posteriores a las operaciones en la granja (elaboración y transporte de la leche) en los sistemas mixtos también contribuyen en gran medida a las emisiones del sector en los países de la OCDE, donde la elaboración de productos lácteos es mucho más desarrollada: el 15% en América del Norte y Oceanía y el 11% en Europa occidental, frente a una media mundial para los sistemas mixtos del 6%.

### Intervenciones de mitigación examinadas

Considerando las fuentes principales de emisiones provenientes de los sistemas mixtos de producción lechera en los países de la OCDE, el presente estudio de caso examinó el potencial de mitigación ofrecido por las siguientes intervenciones seleccionadas:

- **Complementación con lípidos comestibles.** El uso de aceites de linaza o de aceite de semilla de algodón en las raciones para las vacas en lactación favorece la reducción de la fermentación entérica.

- **Mejora de la gestión del estiércol.** El uso difundido de la digestión anaerobia reduce las emisiones de CH<sub>4</sub> y genera biogás que puede sustituir otras formas de energía.
- **Adopción de tecnologías más eficaces en el uso de la energía y de técnicas energéticas hipocarbónicas** Estas tecnologías reducen las emisiones relacionadas con la energía en la producción de piensos, la gestión de las granjas y las actividades posteriores a las operaciones en la granja.

El potencial de mitigación se calculó modificando los parámetros relacionados con el manejo del estiércol, el uso de la energía, la calidad de los piensos y el rendimiento de los animales en el GLEAM. También se calculó el potencial de mitigación para los lípidos comestibles según los escenarios basados en supuestos moderado y en supuestos más ambiciosos con respecto a su eficacia (Nota técnica 5).

### Potencial de mitigación estimado

Con mejoras viables en gestión del estiércol, el uso de la energía, la calidad de los piensos y el rendimiento de los animales, las emisiones se podrían reducir en un 14% a un 17% con respecto a las emisiones de GEI de referencia, y en un 4% a un 5% de las emisiones totales del sector lechero, esto es, de 54 a 66 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq (Cuadro 15).

El potencial de mitigación varía del 11% al 14% en Europa occidental y del 11% al 17% en Australia y Nueva Zelanda. Es más elevado en América del Norte (entre el 25% y el 28%) debido a las mayores posibilidades de sustituir las lagunas con digestores anaerobios del estiércol.

En Europa occidental y para el conjunto de la OCDE, el uso más eficaz de la energía es el factor que más contribuye a la reducción de las emisiones (alrededor del 5%).

En América del Norte, el uso generalizado de digestores anaerobios, la opción con el mayor potencial de mitigación, podría reducir las emisiones en un 12,7%.

En Oceanía, la mayor parte de la mitigación procede del uso de lípidos comestibles (potencial de re-

<sup>33</sup> Energía utilizada directamente en la granja e indirectamente para materiales y edificios.

**CUADRO 15.** Estimaciones de la mitigación calculadas para los sistemas mixtos lecheros en los países de la OCDE

	Países de la OCDE en América del Norte	Países de la OCDE en Europa occidental	Países de la OCDE en Oceanía	Todos los países de la OCDE
<b>Potencial de mitigación total</b> (en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	25 a 28	21 a 26	2 a 4	54 a 66
	(porcentaje)			
<b>Porcentajes de las emisiones de referencia</b>	<b>24,8 a 27,7</b>	<b>11,2 a 13,6</b>	<b>11,2 a 17,4</b>	<b>13,8 a 16,8</b>
<b>... de las cuales:</b>				
Complementación con grasas	1,5 a 4,4	1,2 a 3,6	3,1 a 9,3	1,5 a 4,5
Manejo del estiércol	12,7	2,8	3,2	4,9
Producción de biogás	4,4	2,4	0,7	2,4
Eficacia en el uso de la energía	6,2	4,8	4,2	5,0

ducción del 3% al 9%), porque las emisiones entéricas de referencia son más elevadas. El uso de lípidos comestibles tiene un impacto menor en América del Norte y Europa occidental (del 1% al 4%), pero en términos absolutos su potencial de mitigación no es desdeñable: de 1,5 a 4,4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en América del Norte y de 2,3 a 6,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en Europa occidental.

La producción de biogás contribuye a reducir las emisiones provenientes de la energía al sustituir a los combustibles fósiles. El potencial de mitigación varía entre el 1% en Australia o Nueva Zelanda, donde no es frecuente el almacenamiento del estiércol líquido, y el 4% en América del Norte. El efecto total de la reducción de las emisiones de CH<sub>4</sub> y la sustitución de energía varía del 3,9% en Oceanía al 17,1% en América del Norte.<sup>34</sup>

## 6.6 POTENCIAL PARA INCREMENTOS DE PRODUCTIVIDAD

Muchas opciones de mitigación puede ocasionar al mismo tiempo un reducción de las intensidades

<sup>34</sup> Estas potencialidades de mitigación estimadas están en consonancia con las iniciativas de mitigación voluntarias emprendidas por el sector lechero. El Centro de innovaciones para el sector lácteo de los Estados Unidos anunció que el sector se propone reducir sus emisiones en un 25% entre 2009 y 2020 (Innovation Center for U.S. Dairy, 2008). En Europa occidental, la *Milk Roadmap* (2008) preparada por el Foro de cadenas de suministro lechero del Reino Unido indica sus intenciones de reducir las emisiones provenientes de las explotaciones lecheras en un 20%-30% entre 1990 y 2020, y de mejorar la eficacia energética de la industria en un 15% (1,3% por año).

de emisión y un aumento de la producción. En especial, este es el caso de la mejora tanto de los piensos y las prácticas de alimentación, como de las prácticas sanitarias y el manejo del hato.

## Razones para mantener la producción constante

Por diversas razones, los volúmenes de producción se mantuvieron constantes al calcular los escenarios de mitigación en el GLEAM. En primer lugar, porque permite comparar claramente los efectos de la mitigación en los sistemas y prácticas. Segundo, dado que el GLEAM es un modelo biofísico estático que no incluye las relaciones económicas de la oferta y la demanda de productos básicos pecuarios, todo aumento de producción proveniente de las prácticas de mitigación evaluadas sería arbitrario. El motivo principal es que los aumentos de la oferta de productos básicos pecuarios daría lugar a un descenso de los precios de estos productos, y provocarían una reducción de la oferta por parte de los productores. En situaciones en que las prácticas de mitigación reduzcan los costos de producción, estos efectos negativos de reacción posiblemente podrían contrarrestarse o incluso revertirse, con el consiguiente aumento del consumo. Sin embargo, a falta de un marco económico riguroso para estimar estas importantes y complejas respuestas de mercado, la producción se mantuvo prudentemente constante.

**CUADRO 16.** Efecto del mantenimiento constante el número de animales en los volúmenes de producción y emisión estimados en los cuatro estudios de caso\*

	Sistemas mixtos lechero en Asia meridional	Producción porcina comercial en Asia oriental y sudoriental	Producción de carne de vacuno especializada en América del Sur	Producción de pequeños rumiantes en África occidental	
				Carne	Leche
<b>Producción (en millones de toneladas de LNGP o peso en canal)</b>					
Valor de referencia	56	50	10,7	0,64	0,73
Escenario de mitigación	69	53	13,5 a 15,7	0,76 a 0,90	0,76 a 0,83
Variación respecto al valor de referencia (porcentaje)	+24	+7	+27 a +48	+19 a +40	+5 a +14
<b>Emisiones (en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq)</b>					
Valor de referencia	319	234	1 063	29	
Mitigación con producción constante	199	152 a 169	753 a 874	17 a 21	
Variación respecto al valor de referencia (porcentaje)	-38	-28 a -35	-29 a -18	-41 a -27	
Mitigación con aumento de producción	247	163 a 182	1 126 a 1 128	24 a 27	
Variación respecto al valor de referencia (porcentaje)	-23	-22 a -30	+6,0 a +5,8	-19 a -7	
<b>Intensidad de emisión (kg de CO<sub>2</sub>-eq/kg de LNGP o peso en canal)</b>					
Referencia	5,7	4,7	100	36	8,2
Escenario de mitigación	3,6	3,0 a 3,4	72 a 83	22 a 29	5,3 a 6,8
Variación respecto al valor de referencia (porcentaje)	-38	-28 a -35	-28 a -16	-40 a -20	-35 a -17

\* Las intervenciones de mitigación examinadas en los cuatro casos se describen más arriba.

### Modelización de los cambios para comprender mejor el potencial para aumentar la producción y reducir las emisiones

Al mantener la producción constante, las opciones de mitigación basadas en la mejora de la productividad y la calidad de los piensos permiten alcanzar el nivel de referencia de producción con un número menor de animales y, por tanto, reducir la intensidad de las emisiones.

Por el contrario, cuando se ensayan las intervenciones de mitigación manteniendo constante el número de hembras adultas<sup>35</sup>, se estima que la producción aumenta en cuatro de los cinco estudios de caso en los que las opciones de mi-

tigación mejoran el rendimiento de los animales (Cuadro 16).<sup>36</sup>

Naturalmente, cuando el modelo GLEAM se ejecuta en estos entornos, las potencialidades de mitigación absolutas son menores que cuando la producción se mantiene constante. Pese a ello, en estos entornos las opciones de mitigación dan lugar, al mismo tiempo, a un aumento de la producción y a una reducción de las emisiones en tres de los cuatro estudios de caso.

En los sistemas lecheros mixtos de Asia meridional, las opciones de mitigación seleccionadas puede ocasionar un incremento de la producción

<sup>35</sup> Esta cohorte de animales es fundamental para la producción y la única disponible en FAOSTAT, junto con el número total de animales.

<sup>36</sup> Las opciones de mitigación examinadas para los sistemas mixtos de producción lechera en los países de la OCDE no tienen efectos en la productividad y en la producción total.

## NOTA TÉCNICA

### MODELIZACIÓN DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES EN ÁFRICA OCCIDENTAL

#### Uso de la complementación con lípidos comestibles

Entre los diferentes complementos alimenticios que reducen las emisiones de  $\text{CH}_4$  entérico, se mencionan crecientemente a los lípidos, como el aceite de linaza o el aceite de semilla de algodón, como la opción más viable, a pesar de sus costos (Beauchemin *et al.*, 2008). Los lípidos comestibles, añadidos a la ración de las vacas en lactación en los sistemas mixtos hasta en un porcentaje del 8% de la dieta en materia seca, pueden reducir el  $\text{CH}_4$  entérico entre un 10% y un 30% (Nguyen, 2012, Grainger & Beauchemin, 2011; Rasmussen & Harrison, 2011). Aunque varios metaanálisis de experimentos científicos señalan un impacto positivo en la productividad (Rabiee *et al.*, 2012; Chilliard y Ferlay, 2004), se ha indicado que algunos lípidos comestibles tienen un impacto negativo en la ingestión de materia seca y en la producción de leche (por ejemplo, Martin *et al.*, 2008). En la práctica, el aporte de complementos generalmente no se destina a todo el hato en lactación, sino a los animales que tiene rendimientos por encima de la media.

El uso de aditivos para piensos se modelizó en el GLEAM reduciendo las emisiones de  $\text{CH}_4$  entérico en la mitad de las vacas en lactación en un 10% a un 30% (Cuadro A).

#### Mejora de la gestión del estiércol

Ideados para el tratamiento del estiércol líquido, los digestores anaerobios son una de las prácticas más prometedoras para la mitigación de las emisiones de  $\text{CH}_4$  provenientes del estiércol (Safley y Westerman, 1994; Masse *et al.*, 2003 a,b). Los digestores anaero-

bios, cuando se utilizan correctamente, también son una fuente de energía renovable en forma de biogás, que se compone en un 60% a un 80% de  $\text{CH}_4$ , dependiendo del sustrato y las condiciones de operación (Roos *et al.*, 2004).

La mejora de la gestión del estiércol se modelizó de la siguiente manera en el GLEAM:

- Se supuso la transferencia a digestores anaerobios del 60% del estiércol tratado en lagunas o fosas y del 25% del estiércol esparcido diariamente en la referencia. Como consecuencia, el porcentaje de estiércol sometido a digestión anaerobia varía del 0% (donde los sistemas de manejo del estiércol de referencia no prevén ninguna forma líquida (por ejemplo, Grecia, Turquía, Israel) a más del 40%, donde el estiércol líquido es importante en los sistemas de referencia (por ejemplo, Alemania, los Países Bajos, Dinamarca y los Estados Unidos).
- Se calculó el biogás producido por digestión anaerobia del estiércol y se estimó el equivalente de  $\text{CO}_2$  ahorrado gracias a la generación de energía.

#### Adopción de tecnologías más eficaces en el uso de la energía y generación de energía hipocarbónica

Reducir las intensidades de emisión de energía supone descarbonizar la generación de energía, lo que se puede lograr recurriendo en medida significativa a la producción de energía renovable y a una mayor retención y almacenamiento del carbono (Agencia Internacional de Energía - IEA, 2008). En el informe de la IEA (2008) se examinaron trayectorias de desarrollo energético en los países de la OCDE hasta 2050 y

del 24% y una reducción de las emisiones del 23%. En África occidental, las opciones de mitigación seleccionadas puede dar lugar a un aumento de la producción de carne del 19% al 40%, y de la producción de leche del 5% al 14%, mientras las emisiones se puede reducir en un 7% a un 19%.

En la producción comercial de cerdos en Asia, las opciones de mitigación seleccionadas dan lugar a un aumento del 7% de la producción y a una reducción de las emisiones del 22% al 30%.

Los sectores de los rumiantes experimentan los mayores aumento de producción y las menores

sus impactos en las emisiones de GEI. En el escenario del Mapa AZUL presentado por IEA (2008), en 2050 las emisiones se reducen en un 50% en comparación con los niveles de 2005 mediante la reducción de las intensidades de emisión relacionadas con la energía y el aumento del uso eficaz de la energía en todos los sectores económicos al ritmo del 1,7% por año.

La mejora de la eficacia energética y la disminución de las intensidades de emisión relacionadas con la energía se modelizaron en el GLEAM reduciendo las emisiones derivadas de la energía en un 15%, que corresponde a la situación en 2030.

**CUADRO A. Parámetros GLEAM modificados para evaluar el potencial de mitigación de los sistemas mixtos de producción lechera en los países de la OCDE**

Parámetros GLEAM	Referencia	Escenario de mitigación (porcentaje)	Notas
<b>Módulo del sistema</b>			
Reducción de las emisiones de CH <sub>4</sub> entérico	0	10 a 30	Nguyen (2012), Grainger y Beauchemin (2011), Rasmussen y Harrison (2011) Basado en IEA (2008) - Escenario del Mapa AZUL.
Porcentaje de vacas en lactación (tasa de adopción)	0	50	
Emissions from energy used to produce feed	NA	-15	
<b>Módulo del estiércol</b>			
Porcentaje del estiércol tratado en digestores anaerobios	0 <sup>1</sup>	Varía de 0 a 53	Transferencia parcial del estiércol líquido a los digestores (60% del estiércol en laguna o fosas y el 25% del estiércol esparcido diariamente).
<b>Uso directo e indirecto de la energía en la granja</b>			
Emissions from energy	NA	- 15	Basado en IEA (2008) – Escenario del Mapa AZUL.
<b>Emisiones después de las operaciones en la granja</b>			
Emissions from energy	NA	-15	Basado en IEA (2008) – Escenario del Mapa AZUL.

<sup>1</sup> Se supone igual a cero dado el bajo nivel de adopción.

NA = No aplicable.

reducciones de las emisiones, debido la importancia de las medidas de mitigación que mejoran la productividad de los animales. Por el contrario, el sector porcino comercial experimenta pequeños aumentos de la producción, pero mayores reducciones de las emisiones debido a la

mayor importancia de la eficacia energética y las prácticas de mitigación en la “etapa final” en este estudio de caso.

## MENSAJES PRINCIPALES DEL CAPÍTULO 7

- El sector ganadero debe ser parte de toda solución al cambio climático; sus emisiones de GEI son considerables pero se pueden reducir fácilmente mediante intervenciones de mitigación que contribuyan tanto a los objetivos de desarrollo como a los ambientales.
- Existe un vínculo estrecho entre la intensidad de las emisiones y el uso eficaz de los recursos. La mayoría de las intervenciones de mitigación mejorarán la eficacia en el uso de los recursos a lo largo de las cadenas de suministro del sector.
- Se necesitan políticas de apoyo, marcos institucionales adecuados y una gobernanza más proactiva para hacer realidad el potencial de mitigación del sector y promover su desarrollo sostenible.
- Las políticas de extensión y fomento de las capacidades pueden facilitar la transferencia y el uso de prácticas o tecnologías más eficaces. Los incentivos financieros son importantes instrumentos normativos complementarios, especialmente para las estrategias de mitigación que aumentan los riesgos y los costos para los agricultores.
- La investigación y el desarrollo son fundamentales para aumentar tanto la disponibilidad de opciones de mitigación eficaces como la posibilidad de costearlas. Se necesitan, asimismo, importantes investigaciones adicionales para elaborar métodos de medición más precisos y costeables, demostrar los buenos resultados a través de la experimentación, y ofrecer nuevas tecnologías para la mitigación.
- Las prácticas o tecnologías que mitigan las emisiones mediante la mejora de la eficacia de la producción son fundamentales para las intervenciones de mitigación en los países menos prósperos, porque pueden reducir al mínimo los compromisos entre mitigación, seguridad alimentaria y medios de sustento rurales.
- Se han de desplegar esfuerzos para garantizar que las disposiciones y normas existentes a nivel regional, nacional e internacional, dentro y fuera de la CMNUCC, ofrezcan fuertes incentivos para mitigar las emisiones del sector ganadero y asegurar que los esfuerzos se equilibren en los diferentes sectores de la economía.
- En los últimos años se han observado iniciativas interesantes y prometedoras por parte de los sectores público y privado para mitigar las emisiones del sector y, más en general, para abordar las cuestiones relativas a la sostenibilidad.
- Debido a las dimensiones y la complejidad del sector ganadero mundial, se necesita que todos los grupos interesados (entre ellos, productores, asociaciones industriales, instituciones académicas, el sector público, organizaciones intergubernamentales y organizaciones no gubernamentales) adopten medidas concertadas para elaborar y aplicar estrategias y políticas de mitigación equitativas y eficaces en función de los costos.



# IMPLICACIONES PARA LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS

La ganadería es importante para el cambio climático. El sector contribuye con 7,1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq a las emisiones de GEI antropógenas mundiales, cifra que se puede reducir fácilmente hasta en un tercio haciendo que el sector sea parte integral de todas soluciones al cambio climático.

Se necesitan políticas de apoyo, marcos institucionales adecuados y una gobernanza más proactiva para hacer realidad el potencial de mitigación del sector y promover su desarrollo sostenible.

La ganadería tiene una importancia fundamental en el logro de la seguridad alimentaria, especialmente en entornos agroambientales rigurosos; sin embargo, el impulso a su crecimiento y a la utilización conexa de recursos naturales proviene sobre todo de los consumidores urbanos de las economías emergentes. Con una demanda de productos pecuarios que, según las previsiones, se incrementará en un 70% para 2050, aumentan las preocupaciones sobre la índole no equilibrada de su crecimiento y las consecuencias ambientales y socioeconómicas previstas. Hasta ahora, la mayor parte del incremento de la demanda se ha cubierto con formas de producción modernas y de rápido crecimiento, mientras que centenares de millones de pastores y pequeños agricultores, cuya super-

vivencia y capacidad de sustento dependen de la ganadería, tienen poco acceso a las nuevas oportunidades de crecimiento. Además, preocupa crecientemente el impacto del incremento de la producción en los recursos naturales, de los cuales el sector es un importante usuario, por ejemplo, es el más importante usuario de tierras agrícolas del mundo.

Los responsables de la formulación de las políticas tienen que centrar su atención en estrategias de mitigación que satisfagan los objetivos de desarrollo y ambientales. Gran parte del potencial de mitigación en el sector se puede hacer realidad utilizando prácticas disponibles para mejorar la eficacia de la producción, que pueden reducir las emisiones y, al mismo tiempo, contribuir al logro de objetivos sociales y económicos, como la seguridad alimentaria y la generación de ingresos (en el Recuadro 4 se resumen las principales estrategias para la reducción de las emisiones identificadas en la presente evaluación). A su vez, las políticas de mitigación que se centran en estas estrategias probablemente tengan mayor éxito y aceptación.

En este capítulo se examina dónde se pueden utilizar las principales estrategias de mitigación disponibles y qué políticas puede favorecer su adopción. Además, se analiza el papel que desem-

#### RECUADRO 4. PRINCIPALES ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES

Aunque las intervenciones de mitigación tendrán que ajustarse obviamente a los objetivos y las condiciones locales, existen opciones de mitigación definidas en sentido amplio que se pueden recomendar para los animales monogástricos y los rumiantes:

- Intervenciones para la producción de rumiantes:
  - *a nivel de animales*: optimizar la digestibilidad de los piensos y el equilibrio de piensos en la dieta, mejorar la sanidad animal y aumentar el rendimiento mediante la selección.
  - *a nivel del hato*: reducir la proporción de animales en el hato no dedicados a la producción sino a la reproducción. Esto se puede lograr mediante la mejora de la alimentación, la sanidad y la genética (factores que inciden en la fertilidad, la mortalidad y la edad en la primera parición), pero también mediante prácticas de manejo del hato encaminadas a reducir la edad en la primera parición, ajustar los pesos y edades para el sacrificio, y ajustar las tasas de reposición en la cabaña lechera;
  - *a nivel de unidad de producción*: En los sistemas de pastoreo: mejorar el manejo del pastoreo y los pastizales para aumentar la calidad de los piensos y la retención del carbono. En los sistemas mixtos: mejorar la calidad y la utilización de los residuos agrícolas y el forraje, mejorar el manejo del estiércol.
- *a nivel de cadena de suministro*: aumentar la producción relativa de carne suministrada por los pastores que producen carne y leche; adoptar equipos y prácticas energéticas eficaces; alentar la reducción al mínimo de los desechos en las cadenas de suministro.
- Intervenciones para la producción de animales monogástricos:
  - *a nivel de animales*: mejorar el equilibrio de pienso en la dieta, la sanidad animal y la genética para aumentar los índices de conversión de alimentos y reducir el nitrógeno y la materia orgánica excretada por unidad de producto.
  - *a nivel de unidad de producción*: producir u obtener piensos de baja intensidad de emisiones (que reducen el cambio de uso de la tierra derivado de la producción de piensos, mejoran el manejo de la fertilización de los cultivos, así como la eficacia en la utilización de la energía en la producción y elaboración de piensos); adoptar equipo y prácticas energéticas eficaces y mejorar el manejo del estiércol.
  - *a nivel de cadena de suministro*: fomentar la eficacia energética y el uso de energía de baja intensidad de emisión; reducir la generación de desechos en las cadenas de suministro del sector y aumentar el reciclaje.

peñan actualmente los marcos normativos existentes a nivel internacional y nacional, así como las opciones para acelerar la mitigación en el sector ganadero.

#### 7.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS ENFOQUES NORMATIVOS EN MATERIA DE MITIGACIÓN

Los enfoques normativos en materia de mitigación a disposición de los responsables de la formulación de políticas no son exclusivos al cambio climático o la ganadería; en gran medida, son los

mismos que se utilizan para la mayoría de las cuestiones relacionadas con la gestión ambiental y el desarrollo:

- *Servicios de extensión y apoyo a la agricultura*: este conjunto de enfoques facilita un cambio de práctica para la mitigación y el desarrollo al proporcionar acceso a prácticas y tecnologías mejoradas y a los conocimientos y capacidades para aplicarlas, así como información sobre nuevas oportunidades de mercado. Los enfoques utilizados prevén la comunicación, la capacitación, las redes y las granjas de de-

mostración para facilitar los enlaces entre las partes interesadas del sector.

- *Investigación y desarrollo*: la actividad de investigación y desarrollo es necesaria para establecer la base de información empírica para las prácticas o tecnologías de mitigación. Puede desempeñar un papel importante en el perfeccionamiento de las prácticas o tecnologías existentes con vistas a facilitar su aplicabilidad y viabilidad económica; además, es necesaria para poner a disposición de los interesados más prácticas o tecnologías nuevas y mejoradas.
- *Incentivos financieros*: abarcan tanto los mecanismos de ‘pago a los beneficiarios’ (subvenciones para la reducción) como los mecanismos de ‘pago a los contaminadores’ (impuestos a las emisiones, permisos negociables). Se trata de mecanismos económicamente eficaces para incentivar la adopción de prácticas o tecnologías de mitigación.
- *Reglamentaciones*: incluye la asignación de objetivos de mitigación a los agricultores o los sectores, así como enfoques de carácter más prescriptivo, como exigir el uso de tecnologías y prácticas de mitigación concretas.
- *Instrumentos basados en la fricción del mercado*: son instrumentos que procuran aumentar el flujo de información sobre las emisiones asociadas a diferentes productos básicos ganaderos (por ejemplo, planes de etiquetado). Pueden ayudar a los consumidores y productores a alinear mejor sus preferencias de consumo y producción con los perfiles de emisión de tales productos básicos
- *Promoción*: incluye la sensibilización sobre el papel de la ganadería en la lucha contra el cambio climático para influir en la formulación y promoción de políticas de mitigación para el sector (por ejemplo, a través de la representación intergubernamental en el proceso de negociaciones en la CMNUCC).

En consonancia con las evaluaciones de la mitigación de este informe, el presente capítulo se centra en las políticas que apoyan las opciones de

mitigación relativas a la oferta. Los enfoques de mitigación relacionados con la demanda que se orientan directamente a los consumidores de productos pecuarios también son importantes, pero se considera que quedan fuera del alcance del presente informe.

## 7.2 ORIENTACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE MITIGACIÓN

En todos los subsectores y regiones existe el potencial para mitigar las emisiones de GEL. Aunque hacen falta más investigaciones para comprender mejor este potencial, los perfiles de emisión desarrollados en esta evaluación proporcionan una primera indicación de hacia dónde se podrían orientar las políticas de mitigación. Por ejemplo, las políticas pueden tener mayores repercusiones si se orientan a sectores y regiones en los que las emisiones e intensidades de emisiones son las más altas.

### Subsectores con las intensidades de emisiones más elevadas

Las políticas de mitigación centradas en los sectores de rumiantes con elevadas emisiones, especialmente en los países menos prósperos, pueden tener las repercusiones mayores. Los perfiles de emisiones demuestran que el ganado vacuno es responsable de dos tercios de las emisiones del sector. Cuando se considera el conjunto de los rumiantes, este porcentaje puede aumentar al 80%. A nivel global, la producción de carne de vacuno especializada es la más intensiva en cuanto a emisiones (67,8 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq), seguida por la carne de pequeños rumiantes (23,8 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq) y la carne del ganado lechero (18,4 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq), además, las intensidades de emisiones son sistemáticamente menores en los países más prósperos. La producción de animales monogástricos no solo contribuye con un porcentaje menor de las emisiones totales, sino que tiene una intensidad de emisiones mucho más baja: las intensidades de emisión medias de los pollos y la carne de cerdo son de 5,4 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq y 6,1 kilogramos de CO<sub>2</sub>-eq, respectivamente.

## Subsectores con los mayores niveles de emisión

También serán muy eficaces las políticas de mitigación centradas en los subsectores en que las intensidades de emisión son comparativamente bajas, pero los niveles absolutos de emisiones son elevados. En estas situaciones, una pequeña reducción adicional de las intensidades de emisión puede producir aún importantes resultados en materia de mitigación. Es el caso, por ejemplo, de la producción de leche en los países de la OCDE y de la producción de cerdos en Asia oriental.

## Lugares críticos a lo largo de las cadenas de suministro

Es probable que las políticas orientadas a los “lugares críticos” de emisiones a lo largo de las cadenas de suministro del sector también sean más eficaces. Por ejemplo, el análisis destaca la importancia de las emisiones provenientes del consumo de energía a lo largo de las cadenas como una fuente importante de emisiones (alrededor de un tercio de las emisiones totales de las cadenas de suministro porcino). Por tanto, los incentivos para aumentar la búsqueda de fuentes de energía con baja intensidad de emisiones y mejorar la eficacia en el uso de la energía podrían ser una opción de mitigación eficaz para este subsector.

El método de ECB, que permite rastrear las fuentes de emisión relacionadas con todas las facetas de la producción ganadera, puede contribuir a identificar “lugares críticos” para adaptar y orientar las políticas en consecuencia.

## Se necesitan más investigaciones sobre el potencial de mitigación

Naturalmente, la presencia de emisiones elevadas en un determinado sector o región no garantiza que las políticas de mitigación que se orienten hacia esos sectores sean eficaces. Es necesario seguir realizando análisis técnicos para evaluar el potencial de mitigación de estas fuentes de emisión.

La eficacia de las políticas de mitigación también dependerá en gran medida de los obstáculos

a la adopción, especialmente en los sectores de los rumiantes de los países menos prósperos, donde se encuentra gran parte del potencial de mitigación global. Estos obstáculos incluyen las inversiones y otros costos de adopción, las limitaciones de capacidad y los riesgos. En las secciones siguientes, se examinarán estas cuestiones y el impacto que tienen en la formulación de políticas en el contexto de las principales estrategias de mitigación señaladas en el Capítulo 6. Para hacer realidad el potencial de mitigación del sector ganadero modelizado en este estudio será fundamental realizar nuevas investigaciones para superar estos obstáculos y definir estrategias y políticas de mitigación que puedan producir beneficios ambientales, sociales y económicos.

## 7.3 PRINCIPALES ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y NECESIDADES DE POLÍTICAS

### Reducir las diferencias en cuanto a eficacia

Las emisiones de GEI representan pérdidas de energía, nitrógeno y materia orgánica para el sector ganadero (Capítulo 4). Por consiguiente, existe un fuerte vínculo entre intensidad de emisiones y uso eficaz de los recursos, y la mayoría de las intervenciones de mitigación dará lugar a una mejora de la eficacia en el uso de los recursos a lo largo de las cadenas de suministro del sector.

Como consecuencia, el vasto potencial de mitigación que se puede hallar al reducir las diferencias entre los productores con las mayores intensidades de emisión y los productores con las menores intensidades de emisión (Capítulos 5 y 6) se puede materializar mediante la transferencia y el uso de tecnologías existentes que aumentan la eficacia de la producción. Varios tipos de políticas pueden apoyar la transferencia efectiva de tecnologías y prácticas.

### Necesidades de políticas

#### Políticas que promueven la transferencia de conocimientos

Las políticas que se centran en la transferencia de conocimientos son especialmente importantes para

promover la adopción de tecnologías eficaces y buenas prácticas de manejo entre los agricultores. Por ejemplo, se puede recurrir a actividades de extensión para facilitar un cambio en las prácticas al proporcionar acceso a conocimientos y a prácticas y tecnologías mejoradas. Estas actividades pueden consistir en visitas de las explotaciones por parte de los extensionistas; el establecimiento de granjas de demostración, escuelas de campo para agricultores, y redes de agricultores para promover la transferencia de conocimientos entre pares; la organización de mesas redondas del sector y la intermediación de enlaces entre los participantes del sector. Las actividades de extensión necesitan un enfoque coherente e integrado para reforzar la capacidad del sector con miras a garantizar la aplicación exitosa de las prácticas de mitigación existentes y nuevas. Las políticas también tienen un función que desempeñar en la creación y mejora de las condiciones propicias para la transferencia de tecnologías, incluido el desarrollo infraestructural y el fortalecimiento de instituciones técnicas de apoyo.

### **Condiciones propicias para la transferencia e innovación tecnológicas**

Generalmente, la innovación es impulsada por emprendedores que buscan oportunidades de mercado (Banco Mundial, 2006), y los conocimientos y tecnologías parecen funcionar mejor cuando su introducción se complementa con el desarrollo infraestructural e institucional, el establecimiento de asociaciones y el apoyo de las políticas (IFPRI, 2009). La investigación y desarrollo pueden desempeñar un importante papel de apoyo al generar conocimientos e información sobre las tecnologías y prácticas, lo que da a los agricultores y expertos una mayor confianza en las repercusiones que puedan tener en la eficacia de la mitigación y la producción. Los proyectos experimentales que pone a prueba la eficacia y viabilidad de las nuevas tecnologías y prácticas en diferentes contextos agroecológicos y socioeconómicos son una parte importante de esta estrategia, así como también las reglamentaciones y las políticas económicas para orientar la investi-

gación, el desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías a lo largo de las cadenas de suministro ganadero.

### **Eliminación de obstáculos y creación de incentivos para mejorar la eficacia**

Es posible que se necesiten instrumentos financieros, como préstamos con bajo interés y planes de microfinanzas, para complementar las políticas de extensión y apoyar la adopción de nuevas tecnologías y prácticas. Estos instrumentos se necesitan cuando las prácticas requieren inversiones iniciales y la ineficacia de los mercados de capitales y servicios financieros o la carencia de estos limitan su adopción, lo que ocurre frecuentemente con el uso de tecnologías en los contextos de los países en desarrollo. Por tanto, es posible que estos tipos de instrumentos se requieran incluso cuando las opciones de mitigación promovidas sean rentables y los productores estén dispuestos a sufragar los costos relacionados con la transferencia tecnológica.

Pueden existir otras barreras para la adopción, incluida la aversión de los productores al cambio y el aumento de los riesgos asociados a la adopción, así como los costos de oportunidad que supone la adopción de prácticas de mitigación en lugar de otras inversiones que los agricultores puedan estar considerando. Estos factores aumentarán la tasa de rentabilidad mínima que los productores estarían dispuestos a aceptar antes de invertir en estas prácticas de mitigación y exigirán niveles más elevados de apoyo e incentivos.

Entre estos incentivos pueden figurar las subvenciones para apoyar la adopción de tecnologías y prácticas más eficaces que quizá no sean rentables para todos los agricultores. Las subvenciones a la mitigación se pueden concebir para cubrir una parte de los gastos (por ejemplo, mecanismos de participación en los gastos) o todos los gastos efectuados por los agricultores en relación con la mitigación. Los instrumentos de subvención pueden ser independientes (eso es, financiados por el gobierno) o se pueden facilitar a través de planes de compensación allí donde existan estos meca-

nismos (por ejemplo, el mecanismo para un desarrollo limpio y la Iniciativa agrícola sobre el carbono de Australia [Carbon Farming Initiative]).<sup>37</sup>

Los responsables de las políticas tienen que prestar particular atención a las limitaciones que afrontan los agricultores en diferentes contextos socioeconómicos. Las cadenas de suministro ganadero son heterogéneas y hacen frente a diferentes limitaciones y problemas de adopción. Esto es particularmente cierto en el caso de los países en desarrollo, donde existe a menudo un variedad de agricultores que van desde los que trabajan en mercados de funcionamiento deficiente (para insumos, productos, créditos y tierras), cuya principal motivación es la subsistencia, hasta aquellos que se especializan en el ganado y que están integrados en mercado más eficaces económicamente. Es mucho más probable que la transferencia de prácticas y tecnologías mediante el uso de actividades de extensión e incentivos normativos sea más eficaz para el último grupo de agricultores que para los de subsistencia, que a menudo no podrán obtener los mismos rendimientos económicos de la adopción. (Jack, 2011). Por consiguiente, las políticas de mitigación se deben adaptar a las diferentes motivaciones y contextos comerciales de los agricultores.

### **Investigaciones adicionales sobre los costos y beneficios de las prácticas de mitigación**

Se necesitan importantes investigaciones adicionales para evaluar en mayor medida los costos y beneficios de las prácticas de mitigación a fin de ayudar a los responsables de la formulación de políticas a entender cuáles son las opciones normativas más apropiadas para incentivar la aceptación de tales prácticas.

<sup>37</sup> Aunque también es posible incentivar la adopción de prácticas de mitigación mediante la imposición de una sanción financiera, como un impuesto a las emisiones, (basándose en el principio de "quien contamina paga"), probablemente se trataría de una medida normativa políticamente impopular que, según los autores, no se ha utilizado hasta ahora para reglamentar las emisiones de GEI provenientes de la agricultura. Además, las sanciones financieras reducirían los ingresos agrícolas y aumentarían los precios de los alimentos y, posiblemente, exacerbarían el hambre y la pobreza en los países en desarrollo en que las intensidades de emisiones y, por tanto, las sanciones financieras impuestas por estos instrumentos de política, serían las más altas.

Solo unas pocas evaluaciones de mitigación de los GEI han examinado los aspectos económicos de las prácticas que mejoran la eficacia de la producción (entre ellas, USEPA, 2006; Beach *et al.*, 2008; Moran *et al.*, 2010; Schulte *et al.*, 2012; Whittle *et al.*, 2013; Smith *et al.*, 2007; McKinsey, 2009; Alcock y Hegarty, 2011). Aunque se estima que una parte importante de estas prácticas son rentables, las conclusiones varían considerablemente según las opciones de mitigación que se evalúen y las especies y regiones a las que se apliquen. Por ejemplo, se ha estimado que las alteraciones genéticas para aumentar la producción y fertilidad del ganado vacuno lechero y de carne son rentables en el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (Moran *et al.*, 2010), así como lo son las mejoras genéticas para el ganado vacuno de carne en Irlanda (Schulte *et al.*, 2012), y la selección para aumentar la fecundidad de las ovejas en algunas empresas ovinas de Australia (Alcock y Hegarty, 2011). Por el contrario, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA [por sus siglas en inglés], 2006) estima que algunas estrategias de alimentación y pastoreo para mejorar la eficacia del hato son rentables en algunos casos (por ejemplo, el pastoreo intensivo para el ganado vacuno en los Estados Unidos de América y el Brasil), pero extremadamente caras en otros (por ejemplo, la incorporación de concentrado en las dietas del ganado vacuno de leche en la República Popular China). Se necesitan investigaciones más sistémicas para comprender de manera más coherente los costos y beneficios de estas prácticas en diferentes contextos de producción.

### **Políticas necesarias para hacer frente a los posibles riesgos**

#### **Limitaciones a las emisiones del sector**

Se pueden necesitar políticas para limitar las emisiones del sector cuando las mejoras de la eficacia dan lugar a un aumento de la producción y, por tanto, provocan un aumento de las emisiones. Por ejemplo, algunas prácticas para mejorar la eficacia pueden ofrecer incentivos a las granjas

para aumentar el tamaño de sus hatos, en el caso de que este aumento les permita obtener mayores rendimientos de sus inversiones. Alcock y Hegarty (2011) sostienen que estos incentivos surgen cuando los productores de rumiantes invierten en la mejora de los pastizales. La misma cuestión se presenta a escala industrial, donde las prácticas de mitigación que aumentan las ganancias (sea porque las prácticas son en sí rentables o porque los incentivos de política hacen que sean rentables), pueden atraer a nuevos participantes en las industrias, con el consiguiente aumento de la producción y, posiblemente, también de las emisiones (Perman *et al.*, 2003). Por tanto, estas opciones de mitigación pueden ser más eficaces si los países optan por introducir políticas de apoyo para limitar las emisiones en el sector (por ejemplo, mediante permisos de emisión negociables o no negociables).

### **Reglamentaciones sobre el desbroce de tierras**

Se pueden necesitar reglamentaciones para prevenir el desbroce de tierras cuando las mejoras de la eficacia ocasionan un aumento de la producción y promueven el desbroce de la tierra para el pastoreo o la producción de cultivos. Las mejoras en la eficacia de la producción pueden tener fuertes repercusiones en el cambio de uso de la tierra, porque pueden reducir la cantidad de insumos necesarios, incluida la tierra para el pastoreo y la producción de piensos, para alcanzar un nivel determinado de productos. A este respecto, las mejoras de la eficacia de las granjas se puede considerar una condición necesaria para prevenir la transformación de las tierras forestales en tierras agrícolas para el ganado. Pero, cuando las mejoras de la eficacia son rentables, es posible que su adopción ocasione un aumento de la producción y el aprovechamiento de la tierra. Sin embargo, no es fácil evaluar y prever la orientación neta del cambio de uso de la tierra tras tales mejoras (Lambin y Meyfroit, 2011; Hertel, 2012). Dada esta incertidumbre, las reglamentaciones de apoyo para prevenir el desbroce de tierras contribui-

rán a protegerse de los casos en que las mejoras de la eficacia de la producción puedan inesperadamente alentar la deforestación.

### **Medidas de protección contra posibles efectos secundarios negativos**

Las mejoras de la eficacia de la producción, además de mitigar las emisiones de GEI, pueden producir beneficios ambientales colaterales al reducir las necesidades de recursos naturales del sector ganadero. Sin embargo, las medidas de protección normativas se debe utilizar para evitar efectos secundarios negativos en el medio ambiente (por ejemplo, contaminación del suelo y el agua por desechos animales), y en el bienestar y la salud de los animales, cuando las mejoras de la productividad ocasionen la intensificación del uso de la tierra (es decir, un avance hacia un mayor confinamiento de los animales y un aumento de la importación de piensos de mayor valor energético). Un ejemplo de estas medidas de protección es la directiva de la Unión Europea Unión sobre prevención y control integrados de la contaminación<sup>38</sup> que, entre otras cosas, exige a los productores obtener un permiso para establecer porquerizas con más de 750 plazas para cerdas. Este permiso exige a los productores cumplir con criterios ambientales como el tratamiento de los desechos, la distancia de los asentamientos y los flujos de agua y las emisiones de amoníaco. Las preocupaciones éticas relativas al bienestar animal también pueden introducir importantes soluciones de compromiso con las medidas para aumentar la eficacia de la producción.

### **Pérdida de bienes y servicios no alimentarios**

Una atención exclusiva por la eficacia de la producción puede introducir un desequilibrio con respecto a soluciones de compromiso con otros servicios pecuarios que son importantes en los sistemas de explotación más tradicionales. A menudo, los agricultores de los países en desarrollo crían algunos animales con fines diverso a la producción de alimentos, como por ejemplo, miti-

<sup>38</sup> Directiva 2010/75/EU del Parlamento Europeo y del Consejo, 24 de noviembre de 2010.

gación de riesgos, servicios financieros, tracción animal y obtención de estiércol para los cultivos. A veces, las mejoras de la eficacia que se basan exclusivamente en productos comercializables pueden determinar una disminución del tamaño del hato y, por tanto, reducir algunos de sus servicios complementarios (Udo *et al.*, 2011). La pérdida de estos servicios será perjudicial para los medios de sustento de los hogares agrícolas, a menos que sea posible sustituirlos, con poco costo, con la mecanización, el uso de fertilizantes artificiales y los sistemas bancarios y de seguro.

### Retención del carbono en los pastizales

Las prácticas de manejo de las tierras de pastoreo y los pastos que aumentan las reservas de carbono en el suelo pueden contribuir significativamente a mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> y ofrecer oportunidades para realizar inversiones rentables en materia de mitigación.

En el reciente trabajo de modelización dirigido por la FAO, se estima que es posible conseguir un potencial de retención de carbono anual de 409 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en poco más de 1 000 millones de hectáreas de las superficies de pastizales del mundo (Capítulo 5). En el 46% de esta superficie, se puede conseguir la retención aumentando la presión de pastoreo y el consumo de gramíneas. Y, en otro 31% de esta superficie, se demostró que la reducción de la presión del pastoreo ocasionaba un aumento de la producción y consumo de gramíneas. Además de mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>, estas prácticas aumentan la salud de los suelos y la producción de gramíneas, y ofrecen beneficios ambientales colaterales (por ejemplo, biodiversidad y calidad del agua), especialmente cuando van acompañadas del restablecimiento de pastizales degradados.

### Seguir investigando

Es necesario seguir investigando para poder apoyar esta estrategia a largo plazo. Aunque ensayos experimentales y modelizaciones han proporcionado pruebas relativamente abundantes que demuestran la eficacia de esta estrategia en algu-

nos lugares, hay una escasez de proyectos experimentales y evaluaciones económicas que son necesarios para respaldar el diseño de itinerarios técnicos y verificar la viabilidad a largo plazo de la estrategia. Las preocupaciones se relacionan con la permanencia de la retención del carbono en los pastizales, que depende del clima y las prácticas de manejo a largo plazo (Ciais *et al.*, 2005); por ejemplo, la pérdida de reservas de carbono en el suelo de los pastizales de Europa se ha observado en casos graves de sequía. Además, es probable que el proceso de retención haga frente a niveles de saturación que limiten las tasas de retención a largo plazo. Por tanto, existen argumentos de peso para que las políticas de investigación y desarrollo sigan investigando las potencialidades de mitigación y elaboren marcos institucionales adecuados para respaldar la aplicación de prácticas de retención del carbono en los pastizales a largo plazo a nivel de territorio.

### Metodologías de medición

Se necesitan más esfuerzos para elaborar y mejorar las metodologías de medición. En comparación con otras estrategias de mitigación, la retención de carbono en el suelo tropieza con graves problemas relacionados con la medición. La medición directa de las reservas de carbono en el suelo supone la recogida de muestras del suelo, lo que puede resultar extremadamente caro a nivel de territorio (FAO, 2011a). Para mejorar la viabilidad económica de la medición de la retención del carbono a nivel de territorio, se están elaborando metodologías para estimar las variaciones de las reservas de carbono en el suelo a partir de la medición de las actividades de manejo (VCS, 2013), pero es necesario seguir investigando antes de que los responsables de la formulación de políticas, los agricultores y los participantes en el mercado del carbono por igual puedan invertir con confianza en esta estrategia de mitigación.

### Riesgos de no permanencia

Otro problema para la aplicación de políticas y proyectos de retención del carbono del suelo en los pastizales es el riesgo de no permanencia, es



©FAO/Ishara Kodikara

decir, el riesgo de que el carbono retenido sea liberado a la atmósfera posteriormente en el caso de que se suspendan las prácticas sostenibles. Esto puede ocurrir como consecuencia de la conversión de pastizales en tierras arables o de la reanudación de prácticas de pastoreo insostenibles. Por el contrario, la reducción de las emisiones de GEI en las cadenas de suministro es permanente y, por tanto, no corre este tipo de riesgos.

Las implicaciones de los problemas relacionados con la medición de la retención del carbono y los riesgos de no permanencia para la elegibilidad de la retención del carbono en los marcos normativos existentes, a nivel internacional y nacional, se examinan más adelante en el presente capítulo.

### **Innovaciones institucionales en materia de tenencia de la tierra**

Dado que la viabilidad de las prácticas de retención del carbono dependen de la posibilidad de aplicarlas a nivel de territorio, se necesitan innovaciones institucionales para agregar equitativamente los activos de carbono de los distintos hogares a fin de que la comunidad y los hogares individuales obtengan beneficios del suelo (Tennigkeit y Wilkes, 2011). La tenencia de la tierra también puede plantear serios

problemas a las prácticas de retención del carbono en los pastizales, especialmente en las innumerables superficies de pastos manejadas comunalmente sin claros derechos de propiedad o de acceso. En estas situaciones, se pueden encontrar dificultades en el establecimiento de prácticas de manejo mejoradas, la propiedad de los activos del carbono del suelo, y el seguimiento constante de las prácticas para gestionar los riesgos de no permanencia.

### **Extensión e incentivos financieros y reglamentarios**

Las políticas basadas en la extensión y los incentivos financieros y reglamentarios también desempeñarán un papel importante en estimular la adopción de prácticas de manejo del pastoreo. El atractivo económico de las diversas prácticas que aumentan las reservas de carbono en el suelo ayudará a aclarar cuál combinación de estas políticas es más apropiada para apoyar estas prácticas.

### **Abastecimiento de insumos de baja intensidad de emisiones**

A menudo, la producción de insumos es una fuente importante de emisiones. Esto es particularmente cierto en el caso de los piensos, que contribuyen

considerablemente a las emisiones, en especial en la producción de animales monogástricos, en la que representan aproximadamente el 60% y el 75% de toda las emisiones provenientes de cerdos y pollos, respectivamente. Las principales emisiones relacionadas con los piensos son las de  $N_2O$  proveniente de la fertilización (con estiércol o fertilizantes inorgánicos) y de  $CO_2$  debido al cambio de uso de la tierra. La energía es otro insumo asociado con niveles elevados de emisión en los sistemas de animales monogástricos, y diferentes fuentes de energía también tienen diferentes intensidades de emisiones. Por consiguiente, los productores podrían también mitigar las emisiones optando por fuentes de energía con menor intensidad de emisiones.

El marco de ECB es un instrumento muy útil para apoyar el abastecimiento de insumos de baja intensidad de emisiones por parte de los productores, porque puede rastrear las emisiones de la cadena de suministro incorporadas en la producción de insumos. El marco de ECB también se puede utilizar para elaborar estrategias de abastecimiento que tengan un efecto de mitigación general e impidan aumentos imprevistos de las emisiones en las fases anterior y posterior a las cadenas de suministro ganadero. Por ejemplo, las emisiones entéricas provenientes de los animales rumiantes se puede reducir mediante el aumento de la proporción de piensos de alta digestibilidad en las raciones de alimentos. Sin embargo, en el caso de que la producción de estos piensos suponga un nivel elevado de emisiones, su inclusión en las raciones puede hacer que las emisiones totales en la cadena de suministro ganadero aumenten (Vellinga y Hoving, 2011).

### **Necesidades de políticas**

Se necesitan políticas para alentar a los productores a mitigar sus emisiones mediante la utilización de piensos, energía y otros insumos de baja intensidad de emisiones. Entre las políticas para apoyar fuentes alternativas de abastecimiento de insumos figuran los planes de etiquetado y certificación para informar a los productores pecuarios de los perfiles de emisión de dichos insumos. Después de luego, los planes serán más eficaces cuando se

asocien a políticas más decididas que incentiven a los productores a comprar insumos de bajo nivel de emisión y reglamenten la utilización de piensos con elevada intensidad de emisiones. Estas políticas podrían ayudar a disminuir las emisiones agrícolas, especialmente cuando no existan políticas de mitigación en el sector agrícola.

### **Adaptación de las normas de contabilidad**

Las normas de contabilidad de las emisiones, como las especificadas para los inventarios nacionales de GEI de la CMNUCC, plantearán problemas al abastecimiento de insumos como estrategia de mitigación (en el Capítulo 7 se examina el marco de la CMNUCC).

Por ejemplo, de conformidad con estas normas de contabilidad, la disminución de las emisiones derivadas de la reducción de los piensos importados de alto nivel de emisión no será elegible para los países importadores; y es poco probable que los gobiernos nacionales apliquen políticas que no contribuyen a sus objetivos nacionales de mitigación. Obstáculos similares se presentarán a nivel sectorial dentro de un país (Schulte *et al.*, 2012) debido a que las mismas normas de contabilidad asignan las emisiones anteriores a la granja a los sectores que producen tales insumos (por ejemplo, las reducciones de las emisiones de los piensos se asignan al sector agrícola).

En estos casos, se necesitarán políticas internacionales e intersectoriales y normas de contabilidad de la cadena de suministro que asignen la reducción de las emisiones anteriores a la granja al sector pecuario. Los gobiernos pueden ser flexibles sobre a cuáles sectores nacionales acreditar con emisiones, siempre que puedan contar todavía con conseguir sus objetivos nacionales en materia de mitigación. Sin embargo, acreditar a los sectores domésticos con reducciones de las emisiones provenientes de afuera será más problemático.

La elección entre reglamentar las emisiones a nivel de la granja o en una fase anterior en el sector de la energía o en los cultivos de origen también tendrá un efecto en la cobertura y la eficacia en función de los costos de la política. Naturalmente

te, una política que cubra todas las emisiones de las unidades de explotación tanto ganaderas como agrícolas abarcará más emisiones que otra que excluya la parte no relacionada con los piensos de las emisiones del sector agrícola. Sin embargo, puede ser más pragmático aplicar la política de mitigación solamente a las explotaciones ganaderas debido a que, al involucrar a un número menor de productores, los gastos administrativos para el gobierno y las empresas podrían ser menores.

### **Necesidad de información sobre la intensidad de emisiones de los insumos**

Es probable que los esfuerzos por reducir las emisiones del ciclo biológico de los productos animales provengan más de los supermercados y los consumidores que de los gobiernos, por los motivos antes explicados. Como se examinó anteriormente, los programas de etiquetado y certificación pueden ayudar a incentivar la mitigación al informar a los consumidores (incluidos los productores ganaderos en cuanto consumidores de insumos, como los piensos y la energía) sobre los atributos de emisión de los productos en diferentes fases de las cadenas de suministro ganadero. El éxito de estos programas dependerá fundamentalmente de la disponibilidad de parámetros y métodos ampliamente aceptados para calcular las emisiones, y de información razonablemente fiable sobre las intensidades de emisión de los insumos y los productos. Un marco para la cuantificación de las emisiones, como el elaborado por la LEAP<sup>39</sup>, podría atender esta necesidad al orientar las decisiones relativas a la compra de insumos de bajo nivel de emisión de los productores ganaderos.

### **Innovaciones tecnológicas**

Aunque en los Capítulos 5 y 6 no se evaluó la adopción de tecnologías y prácticas de mitigación avanzadas que aún se encuentran en una fase de desarrollo, es muy probable que se pueda conseguir un elevado potencial de mitigación adicional gracias a nuevos adelantos tecnológicos.

### **Investigación y desarrollo**

La adopción de una estrategia de investigación y desarrollo puede acelerar la disponibilidad de opciones prometedoras. Existe una variedad de opciones de mitigación que ofrecen grandes potencialidades, pero que requieren pruebas y mejoras adicionales para que se puedan considerar viables. Un ejemplo fundamental es el uso de vacunas antimetánógenas que son muy prometedoras debido a la amplia posibilidad de aplicarlas en todos los sistemas de producción de rumiantes, inclusive en algunos sistemas de pastoreo donde el contacto entre los animales y los productores es mínimo (FAO 2013c). Según algunos estudios (USEPA, 2006 y Whittle *et al.*, 2013), esta tecnología, de seguir perfeccionándose y ofrecerse comercialmente, tiene posibilidades de ser una opción de mitigación de costo relativamente bajo. Otras opciones prometedoras, que también precisan de más investigación y desarrollo, son la selección genética del ganado vacuno con bajo nivel de emisiones (CH<sub>4</sub> entérico) y el uso de nitratos como agentes de mitigación en las dietas de los animales (FAO, 2013c).

### **Incentivos financieros y reglamentarios**

Además, aunque las iniciativas de investigación y desarrollo son esenciales para ofrecer al sector opciones de mitigación nuevas y mejoradas, los incentivos financieros y reglamentarios también pueden impulsar el desarrollo tecnológico por parte del sector privado. Estas políticas, al hacer que las emisiones sean costosas o que la mitigación resulte rentable, inducirán a la industria ganadera a investigar y desarrollar prácticas y tecnologías con menor intensidad de emisiones.

Políticas de apoyo para la adopción de nuevas prácticas y tecnologías

Naturalmente, los mismos enfoques de política descritos para favorecer la transferencia y el uso de las opciones de mitigación existentes se necesitarán también para contribuir a la adopción de nuevas prácticas y tecnologías, una vez que se dispongan de ellas.

<sup>39</sup> [www.fao.org/partnerships/leap](http://www.fao.org/partnerships/leap)

#### 7.4. MARCOS NORMATIVOS EXISTENTES PARA LA MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES A TRAVÉS DEL GANADO

Aunque las investigaciones sobre prácticas y tecnologías para la mitigación de las emisiones agrícolas han progresado y se han plasmado en un amplio volumen de valiosos trabajos, se ha avanzado menos en la formulación de políticas de mitigación eficaces. A nivel mundial, las políticas de mitigación para todos los sectores, incluida la agricultura, se basan principalmente por el Protocolo de Kyoto de la CMNUCC. Existen también políticas y programas regionales, nacionales y subnacionales para la ganadería que están vinculados al Protocolo y a la vez son independientes de él. Sin embargo, los incentivos a la mitigación ofrecidos actualmente por este conjunto de políticas y programas son bastante débiles.

En esta sección se presenta un resumen de los marcos de mitigación existentes pertinentes al sector ganadero.

##### El Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto de la CMNUCC establece metas jurídicamente vinculantes para los países desarrollados signatarios. Sin embargo, existen algunas limitaciones principales a la eficacia del Protocolo. La primera es que no todos los países incluidos en el Anexo I del Protocolo<sup>40</sup> (países prósperos) son partes en el mismo. El más grande de ellos, los Estados Unidos de América, nunca ha ratificado el Protocolo. El Canadá se retiró en 2011, mientras que el Japón, Nueva Zelandia y la Federación de Rusia no se han comprometido con las metas del segundo período de compromiso del Protocolo (2013-2020). Segundo, el Protocolo no

impone metas jurídicamente vinculantes a los países no incluidos en el Anexo I (países de bajos ingresos). Como consecuencia de estas limitaciones, los 37 países del Anexo I que tienen metas vinculantes en el segundo período de compromiso del Protocolo (2013-2020), representaron un porcentaje mínimo, estimado en 13,4%, de las emisiones de GEI antropógenas mundiales en 2010 (PNUMA, 2012). En lo referente a la ganadería, estos países contribuyeron con un porcentaje análogamente bajo, estimado en 16%, de las emisiones directas mundiales<sup>41</sup> provenientes de la ganadería en 2005.<sup>42</sup>

Otra limitación es que solo dos países (Anexo I), concretamente Dinamarca y Portugal, han optado por notificar las variaciones de las reservas de carbono asociadas al manejo de las tierras de pastoreo en virtud del Artículo 3.4 del Protocolo de Kyoto. Los demás países las excluyen de sus inventarios nacionales de GEI y sus objetivos nacionales de mitigación. Los problemas relacionados con la medición de los cambios en las reservas de carbono y los riesgos de no permanencia contribuyen a la renuencia de los países a designarlos como una fuente de mitigación elegible.

##### El papel de los mercados del carbono

Para reducir las emisiones de GEI, varios países y jurisdicciones han establecido mercados del carbono, en los que se pueden negociar permisos y reducciones de las emisiones de carbono. Aparte de la falta de un compromiso político concertado para reducir las emisiones, que afecta a la penetración de todas las políticas de mitigación por igual, Newell *et al.* (2011) informan que, en general, los mercados del carbono han funcionado razonablemente bien y que están creciendo lentamente, en lugar de reducirse.

A pesar de estos progresos, los mercados del carbono ofrecen actualmente incentivos muy limitados para la mitigación en el sector. No incluyen las emisiones del sector pecuario u ofrecen una cober-

<sup>40</sup> La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático divide los países en tres grupos principales de acuerdo con diferentes compromisos: Las Partes incluidas en el Anexo I son los países industrializados que eran miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) en 1992, más los países con economías en transición. Las Partes no incluidas en el Anexo I son en su mayor parte los países en desarrollo. La Convención reconoce a algunos grupos de países en desarrollo como especialmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, entre ellos los países con zonas costeras bajas y aquellos expuestos a la desertificación y la sequía. Las partes incluidas en el Anexo II son los países miembros de la OCDE del Anexo I, pero sin incluir a las economías en transición.

<sup>41</sup> Emisiones de CH<sub>4</sub> entérico y de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> relacionadas con el estiércol.

<sup>42</sup> Estimado utilizando el modelo GLEAM, pero basándose en las normas de contabilidad de inventarios relativos a la ganadería de la CMNUCC

tura limitada. Esto se debe en parte a las dificultades para medir de manera exacta y eficaz en función de los costos las reducciones de las emisiones. Sin embargo, con los continuos esfuerzos de investigación y desarrollo para mejorar las tecnologías de medición y la evolución en curso de los instrumentos de mercado, la importancia de los mercados del carbono debería aumentar a largo plazo.

### **Mecanismos del mercado del carbono acordes con el Protocolo de Kyoto**

Los países con metas vinculantes en el marco del Protocolo de Kyoto pueden determinar la serie de políticas que utilizan para cumplir estas metas. Hasta ahora, se han establecido muy pocos mecanismos del mercado del carbono a nivel nacional o internacional. Entre estos figura el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI en la UE, el Mecanismo de fijación de precios al carbono australiano y el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI de Nueva Zelandia.

Entre 2008 y 2001, el volumen y el valor de las emisiones comercializadas en los mercados que se ajustan al Protocolo aumentaron en su conjunto en un 114% y un 31% respectivamente. (Peters-Stanley y Hamilton, 2012; Hamilton *et al.*, 2010). Durante el mismo período, el volumen y el valor de los derechos de emisión comercializados en el marco del Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI en la UE, el mercado más grande y líquido de carbono del mundo, aumentaron en un 153% y un 47% respectivamente. Sin embargo, los efectos combinados de la recesión mundial actual y de unas emisiones más bajas de lo previsto han causado un exceso de oferta de derechos de emisiones en la UE, y los precios están disminuyendo desde 2008 (Newell *et al.* 2012).

Además, estos mecanismos de mercado no han influido en la mitigación de las emisiones de la ganadería porque en ninguno de ellos se incluye a la agricultura, salvo en el Mecanismo de fijación de precios al carbono en Australia, que está vinculado a un plan de compensación del carbono cono-

cido como *Carbon Farming Initiative* (Iniciativa agrícola sobre el carbono).

### **Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)**

El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), establecido en el marco del Protocolo de Kyoto, es un plan de compensación que permite a los países desarrollados cumplir con sus obligaciones nacionales en materia de mitigación mediante la financiación de proyectos en los países en desarrollo. Aunque en los proyectos del MDL se pueden incluir todas las fuentes de mitigación del sector ganadero, este instrumento brinda oportunidades limitadas para la mitigación de las emisiones ganaderas.

El comercio de reducciones certificadas de emisiones derivadas de la retención del carbono en tierras agrícolas no está permitido en los mercados que se ajustan al Protocolo de Kyoto, como el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI en la UE; y estas reglamentaciones efectivamente impiden que se soliciten proyectos de retención del carbono en el suelo en el MDL (Larson *et al.* 2011). Aunque los proyectos que reducen las emisiones entéricas y del estiércol no hacen frente a este obstáculo, los únicos proyectos ganaderos que se han registrado son proyectos de manejo del estiércol relacionados con el uso y reducción del biogás. Esto refleja el hecho de que las prácticas que reducen las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes del estiércol almacenado tienen menos problemas de aplicación y medición que las otras prácticas de mitigación ganaderas. Actualmente, existen 193 proyectos de manejo del estiércol registrados en el MDL, con un potencial de mitigación anual estimado de 4,4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.<sup>43</sup>

Se afirma que los elevados costos de transacción debidos al diseño del MDL, los problemas de medición y la necesidad frecuente de coordinar las actividades de los múltiples usuarios de la

<sup>43</sup> Esta cifra se estimó sumando las reducciones de las emisiones, declaradas por los participantes en los proyectos, de cada proyecto individual al que se accedió a través del registro en línea del MDL. Véase <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>.

tierra son un obstáculo para el establecimiento de proyectos de utilización de tierras agrícolas en el MDL (Larson *et al.* 2011). Estos factores elevan los costos de participación en el MDL, especialmente para los pequeños agricultores.

Aunque While Larson *et al.* (2011) han señalado que el MDL en su conjunto iba camino de superar sus expectativas iniciales, un exceso de oferta de créditos en el MDL combinado con las preocupaciones acerca de su credibilidad y las restricciones sobre su uso en el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI en la UE ocasionaron un pronunciado descenso de los precios de los créditos a finales de 2012, que arrojaron algunas dudas sobre el futuro del mecanismo. (Newell *et al.*, 2012; Marcu, 2012, Wilkes *et al.*, 2012).

### Mercados voluntarios del carbono

Contrariamente a los mercados que se ajustan al Protocolo de Kyoto, los mercados voluntarios del carbono ofrecen una amplia elegibilidad de opciones de mitigación para el sector pecuario, incluida la retención de carbono en el suelo. Sin embargo, debido a una reducida oferta de créditos, hasta ahora las transacciones relacionadas con el sector han sido muy militadas.

El mercado voluntario del carbono es pequeño en comparación con el mercado que se ajusta al Protocolo de Kyoto.<sup>44</sup> En 2011, las operaciones en los mercados voluntarios del carbono del mundo alcanzaron un volumen de 95 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, en comparación con 131 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en 2010 y 94 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en 2009 (Peters-Stanley y Hamilton, 2012; Peters-Stanley *et al.* 2011; Hamilton *et al.*, 2010). En 2009, casi la mitad de todas las transacciones se realizó en la Bolsa del Clima de Chi-

cago (CCX por sus siglas en inglés)<sup>45</sup> (Hamilton *et al.*, 2010). Sin embargo, con el cierre de la CCX en 2010, las transacciones extrabursátiles<sup>46</sup> recobraron fuerzas y las operaciones aumentaron considerablemente, alcanzando el porcentaje del 97%.

Generalmente, los créditos de los proyectos de suelos agrícolas han incluido un pequeño porcentaje de las transacciones extrabursátiles, que entre 2009 y 2011 varió del 0% al 3%. Las transacciones extrabursátiles de créditos de CH<sub>4</sub> ganaderos también han representado porcentajes relativamente pequeños, que variaron entre el 2% y el 4% durante el mismo período. Por otro lado, los créditos vinculados a la reducción de la deforestación representaron porcentajes más elevados en este período, comprendidos entre el 7% y el 29% (Peters-Stanley y Hamilton, 2012; Peters-Stanley *et al.* 2011; Hamilton *et al.*, 2010).

Una limitación importante para la oferta de créditos de carbono del suelo en los mercados voluntarios es la falta de una sólida metodología de contabilidad de la absorción del CO<sub>2</sub> derivada de las actividades en los pastizales. Dos metodologías se han validado a estos efectos con arreglo a la norma que se aplica con mayor frecuencia, es decir el Estándar de Carbono Verificado (Verified Carbon Standard - VCS), que abarcaron el 43% de todos los créditos del mercado voluntario del carbono en 2011 (Peters-Stanley y Hamilton, 2012); aunque no es claro si ambas son apropiadas para una medición eficaz en función de los costos del carbono retenido a nivel de territorio. La FAO está elaborando una metodología VCS que, en el momento de prepararse este informe, era objeto de un segunda y última validación independiente. Una vez validada, esta metodología, que depende en gran medida del uso de la modelización biogeoquímica para reducir las ne-

<sup>44</sup> En 2011, el valor de las operaciones en el mercado voluntario del carbono ascendió a 576 millones de dólares EE.UU., frente a 3 300 millones de dólares EE.UU. en el mercado principal del MDL, y 147 800 millones en el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI de la UE. En términos de unidades de CO<sub>2</sub>-eq, las transacciones en el mercado voluntario ascendieron a 95 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en comparación con 291 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en el mercado principal del MDL y 7 853 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI de la UE (Peters-Stanley y Hamilton, 2012).

<sup>45</sup> La Bolsa del Clima de Chicago funcionó como un programa de límites y comercio de emisiones, con un componente de compensación, entre 2003 y 2010. Fue relanzado con el nombre de *Chicago Climate Exchange Offsets Registry Program* en 2011, pero los niveles de comercio han seguido siendo muy bajo desde 2010.

<sup>46</sup> Por transacciones extrabursátiles se entienden las operaciones privadas descentralizadas en que los compradores y vendedores interactúan directamente a través de un agente o un "escaparate" de venta al por menor en línea (Peters-Stanley y Hamilton, 2012).

cesidades de recogida de muestras del suelo, representará una solución eficaz en función de los costos para la medición de las variaciones de las reservas de carbono en el suelo de los pastizales a gran escala.

Además de las limitaciones e incertidumbres relacionadas con los mercados del carbono planteadas en la sección anterior dedicada a los mercados obligatorios, los proyectos de retención del carbono en tierras agrícolas afrontan obstáculos mayores que otros tipos de proyectos de mitigación agrícola cuando participan en los mecanismos de mercado. Las preocupaciones relativas a la permanencia de la retención del carbono y la credibilidad de los créditos correspondientes, aumentan la complejidad de las normas de contabilidad y reducen la demanda de estos créditos (Larson *et al.*, 2011). Este cuestión, combinada con los problemas más grandes de medición y coordinación, especialmente cuando la tierra es comunal o cuando existen acuerdos de tenencia de libre acceso, puede hacer que los proyectos de retención en el suelo sean menos atractivos para los inversores.

### Medidas de mitigación apropiadas para cada país

Las medidas de mitigación apropiadas para cada país pueden ofrecer nuevos incentivos para la mitigación, pero hasta la fecha la inclusión del sector pecuario ha sido bastante limitada. Las medidas de mitigación apropiadas para cada país incluyen políticas y actividades voluntarias que las partes en el Protocolo de Kyoto no incluyeron en el Anexo I deben adoptar para reducir las emisiones de GEI, y que pueden ser financiadas internamente o por países industrializados.

En el marco del Acuerdo de Copenhague, se invitó a los países no incluidos en el Anexo a proporcionar información sobre las medidas de mitigación apropiadas para cada país en el 15º período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la CMNUCC (COP 15) en 2009. Varios países respondieron y facilitaron información a la Secretaría de la CMNUCC sobre sus objetivos y medidas propuestas. Entre las medidas de mitigación apropiadas

para cada país presentadas hasta la fecha, sólo seis países han incluido explícitamente la ganadería como parte de sus estrategias de mitigación (Brasil, el Chad, Jordania, Madagascar, Mongolia y Swazilandia). De estos países, sólo Brasil ha presentado un objetivo cuantitativo (Recuadro 5).

### Inventarios nacionales de los GEI

Aunque no es un instrumento de política en sí, los precisos inventarios nacionales de GEI, establecidos con arreglo a las directrices para la elaboración de inventarios del IPCC (IPCC, 2006), proporcionan un apoyo decisivo a las políticas de mitigación nacionales mediante el establecimiento de valores de referencia relativos a las emisiones de GEI para los sectores y para la identificación de posibles trayectorias de reducción de las emisiones (Smith *et al.* 2007). Las directrices del IPCC proporcionan métodos para estimar las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros para diferentes sectores, incluida la ganadería, que varían según su grado de complejidad. Utilizando los métodos de cálculo más simples del Nivel 1, es posible aplicar, por omisión, factores de emisión al número total de animales. Estos factores varían según las especies y de acuerdo con la amplia región en que están situadas y, en el caso de las emisiones derivadas del estiércol, de las temperaturas medias anuales. Aunque los métodos del Nivel 1 son simples de usar, son relativamente imprecisos y no arrojan luz sobre posibles trayectorias de mitigación. En las directrices del IPCC también se describen métodos más complejos de cálculo de los Niveles 2 o 3 para la estimación de las emisiones de GEI, que incorporan las variaciones en el tamaño de los animales, la función, el manejo de la alimentación y otros factores de producción relacionados con las emisiones. Estos métodos permiten realizar una estimación más precisa de las emisiones y, más importante aún, definir trayectorias para la reducción de las mismas. Pese a ello, todavía existe margen para mejorar la utilidad de estos métodos para la identificación de las oportunidades de mitigación en el sector ganade-

## RECUADRO 5. MEDIDAS DE MITIGACIÓN APROPIADAS PARA CADA PAÍS CORRESPONDIENTES A BRASIL Y PROGRESOS REALIZADOS EN SU SECTOR PECUARIO

En la presentación de sus medidas de mitigación apropiadas para cada país, Brasil asumió una función de liderazgo mundial en lo que se refiere a la mitigación de las emisiones de GEI provenientes del sector pecuario, comprometiéndose con varias metas de mitigación ambiciosas durante el período de diez años que va de 2011 a 2020.<sup>1</sup> Se trata de actividades encaminadas a reducir directamente las emisiones de GEI del sector pecuario y aumentar las absorciones en los pastizales, a saber, restablecimiento de las tierras de pastoreo (reducción estimada: 83-104 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq para 2020) e integración de las explotaciones agrícolas y pecuaria (reducción estimada: 16-20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq para 2020).

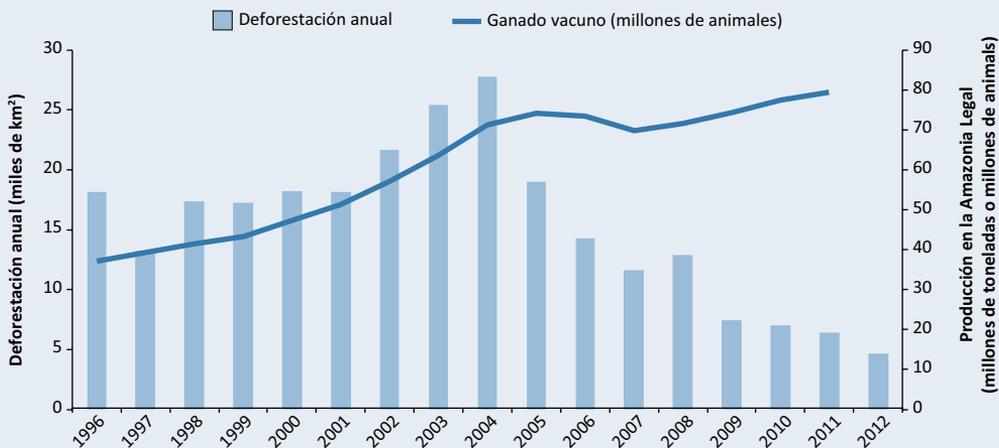
En sus medidas de mitigación apropiadas para cada país, Brasil también se comprometió con varias medidas que tendrán un efecto de mitigación indirecto pero sustancial en su sector pecuario, al limitar la deforestación que se pueda atribuir al sector y aumentar la mitigación en las zonas dedicadas a la producción de piensos para la ganadería. Estas medidas son:

- la reducción de la deforestación en el Amazonas (reducción estimada: 554 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq para 2020);

- la reducción de la deforestación en el Cerrado (reducción estimada: 104 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq para 2020);
- la plantación de cultivos sin labranza (reducción estimada: 16-20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq para 2020); y
- la fijación biológica del nitrógeno (reducción estimada: 16-20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq para 2020).

En apoyo de estas promesas, el Gobierno brasileño estableció el programa Agricultura baja de carbono (ABC), que ofrece una línea de crédito para préstamos especiales destinados a financiar varias prácticas de mitigación descritas anteriormente, así como del tratamiento de desechos animales, que se estima que genere otros 6,9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en las reducciones de las emisiones para 2020. El programa ABC cuenta con un presupuesto estimado de 197 000 millones de reales.<sup>2</sup>

Aunque se prevé que el programa ABC produzca beneficios futuros en materia de mitigación de las emisiones ganaderas, el fuerte crecimiento de la productividad ganadera experimentado recientemente ya ha permitido que el Brasil aumente el tamaño de sus hatos de ganado vacuno a pesar de la reducción de las tasas de deforestación en la Amazonía Legal desde 2004.



Fuente: IPAM apud. Bastos, 2013.

<sup>1</sup> [http://unfccc.int/files/meetings/cop\\_15/copenhagen\\_accord/application/pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf)

<sup>2</sup> <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>

ro, especialmente en lo que se refiere a la medición de la relación entre la calidad de los piensos y las emisiones entéricas (FAO, 2013c). Por consiguiente, nuevas actividades de investigación y desarrollo pueden desempeñar una función clave para apoyar la presentación de inventarios nacionales más precisos, ayudando a los países que actualmente utilizan los métodos simples del Nivel 1 a pasar a los métodos de cálculo del Nivel 2 y el Nivel 3, y elaborar enfoques más precisos y de mayor utilidad para identificar soluciones de mitigación.

### Investigación y desarrollo, extensión y fondos para el clima para apoyar la mitigación

#### Fondos en apoyo de la mitigación

Además de los mercados del carbono, existe una variedad de fuentes complementarias para financiar la mitigación. Entre estas, figuran fuentes de financiación multilaterales como el Fondo para el Clima Verde<sup>47</sup>, el Banco Mundial y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)<sup>48</sup>, así como fuentes de financiación internas como los bancos nacionales de desarrollo y los fondos para el clima patrocinados por los países (por ejemplo el Fondo Español del Carbono),<sup>49</sup> que están aportando cada vez más recursos para financiar la mitigación (Venugopal, 2012). También pueden existir buenas oportunidades para que el sector público elabore instrumentos financieros a fin de atraer coinversiones del sector privado para los proyectos de mitigación, quizá mediante la gestión de los riesgos que el sector privado no está dispuesto a asumir. (Venugopal, 2012).

#### Iniciativas en materia de investigación, desarrollo y extensión

Como se mencionó anteriormente, se necesitan importantes actividades adicionales de investigación y desarrollo para crear una base de datos empíricos para las prácticas y tecnologías de mitigación existentes y nuevas. Existen algunos proyectos e iniciativas de investigación a nivel internacional y nacional que están cumpliendo esta función, y que pueden seguir ampliándose. Una de las principales iniciativas de investigación en el mundo es la Alianza Global de Investigación sobre Gases Agrícolas de Efecto Invernadero (GRA), que se centra en la investigación y desarrollo de tecnologías y prácticas para aumentar la producción de alimentos sin aumentar las emisiones. Establecida en diciembre de 2009, cuenta ahora con más de 30 países miembros. La GRA se basa en programas de investigación nacionales cada vez más sólidos, que le permite tener acceso a numerosos científicos e ingenieros para crear equipos multiculturales y multidisciplinarios a fin de que aporten soluciones prácticas e innovadoras. Las actividades de investigación están organizadas en diferentes subsectores agrícolas, y cuentan con un grupo de investigación ganadera que se propone encontrar soluciones para reducir la intensidad de los GEI en los sistemas de producción ganaderos y aumentar la cantidad de carbono almacenado en las tierras de pastoreo (GRA, 2013). Existen varias iniciativas nacionales que prestan apoyo a las actividades de investigación, desarrollo y extensión en esta esfera, algunas de las cuales colaboran directamente con la GRA. Por ejemplo, el Programa sobre Gases Agrícolas de Efecto Invernadero (AGGP) canadiense, centrado en la creación de conocimientos y la transferencia de tecnologías para la mitigación.<sup>50</sup> Otra iniciativa similar pero más amplia es el programa *Carbon Farming Futures* australiano, que aportará 397 millones de dólares EE.UU. para financiar una variedad de actividades de investigación, demostración y extensión a fin de ayudar a los

<sup>47</sup> El Fondo para el Clima Verde es un mecanismo, establecido en el COP 16, destinado a los países prósperos para que apoyen la adaptación y mitigación en los países en desarrollo. Se propone movilizar 100 000 millones de dólares EE.UU. por año de fuentes públicas y privadas para 2020. ([http://unfccc.int/cooperation\\_and\\_support/financial\\_mechanism/green\\_climate\\_fund/items/5869.php](http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/green_climate_fund/items/5869.php)).

<sup>48</sup> El FMAM agrupa a 182 países en asociación con múltiples partes interesadas para hacer frente a las cuestiones mediodambientales globales, entre ellas el cambio climático, que ofrece donaciones para la asistencia técnica y la transferencia de conocimientos (<http://www.thegef.org/gef/whatisgef>). Es el más grande y antiguo mecanismo de financiación para la mitigación sostenido por múltiples donantes.

<sup>49</sup> <https://wbcarbonfinance.org/Router.cfm?Page=SCF>

<sup>50</sup> <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficherdo?id=1331047113009&lang=eng>

agricultores nacionales a beneficiarse de la Iniciativa agrícola sobre el carbono: llenar los vacíos de investigación en materia de nuevas tecnologías y prácticas de mitigación; investigación en situaciones agrícolas reales; actividades de extensión e información, y compensación de impuestos para los agricultores que compren equipos de labranza de conservación.<sup>51</sup> Otra iniciativa centrada en los conocimientos es el Climate X Change de Escocia<sup>52</sup>, que es un centro de conocimientos especializados basado en la colaboración entre las principales instituciones de investigación e institutos de educación superior del país. El centro utiliza su red académica para generar información y proporcionar asesoramiento a todos los sectores, incluidos los agricultores, sobre prácticas de mitigación y adaptación climáticas. El Centro de Investigación sobre Gases Agrícolas de Efecto Invernadero de Nueva Zelanda (NZAGRC) es otra notable iniciativa centrada en la creación de conocimientos, prácticas y tecnologías para la mitigación de los GEI agrícolas.<sup>53</sup>

Además de la GRA, existen otras importantes iniciativas internacionales que están invirtiendo en actividades de investigación, desarrollo y extensión. Por ejemplo, el proyecto *AnimalChange* es un proyecto de investigación, en el que participan 25 asociados de los sectores público y privado de países europeos y no europeos, que se propone generar y proporcionar datos empíricos para estrategias de mitigación y adaptación adecuadas a nivel de unidades de explotación, países y regiones en la Unión Europea, América Latina y África. El proyecto tiene un presupuesto de 12,8 millones de euros para cuatro años, y es financiado principalmente por la Comisión Europea.<sup>54</sup> Otra importante iniciativa internacional es la Iniciativa Global de Metano (GMI), una asociación multilateral establecida con el propósito de fomentar la cooperación internacional para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> y promover la recuperación y utiliza-

ción de CH<sub>4</sub> como fuente de energía limpia. Más de 40 países colaboran en la iniciativa, en coordinación con investigadores de los sectores público y privado, bancos de desarrollo y organizaciones no gubernamentales. La GMI está dirigida a cinco fuentes principales de CH<sub>4</sub>, entre ellas la agricultura, donde presta una atención especial a los sistemas de digestión anaerobia para el manejo del estiércol. La iniciativa se centra en el desarrollo de estrategias y mercados para la reducción y el aprovechamiento del CH<sub>4</sub>, y participa en actividades de fomento de capacidad, intercambio de información y evaluaciones de recursos específicos de cada lugar para promover la adopción de tecnologías de mitigación.

Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques (REDD)

Desde su 16° período de sesiones, la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) ha adoptado el programa de Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques (REDD+)<sup>55</sup> en los países en desarrollo como una estrategia de mitigación importante en el sector forestal. Las actividades mundiales y nacionales de mitigación del programa REDD+ cuentan con el apoyo de iniciativas multilaterales, como el Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo (ONU-REDD), el Fondo para reducir las emisiones de los bosques y el Programa de inversión forestal, auspiciado por el Banco Mundial.<sup>56</sup> Estas iniciativas se basan en el ofrecimiento de incentivos financieros y apoyo técnico para la adopción por parte de los países en desarrollo de prácticas del programa REDD+. Se prevé que hasta 30 000 millones de dólares EE.UU. por año de flujos financieros se pondrán a disposición del

<sup>51</sup> <http://www.daff.gov.au/climatechange/carbonfarmingfutures>

<sup>52</sup> <http://www.climateexchange.org.uk>

<sup>53</sup> <http://www.agresearch.co.nz/our-science/land-environment/greenhouse-gas/Pages/default.aspx>

<sup>54</sup> <http://www.animalchange.eu>

<sup>55</sup> El signo '+' alude a las medidas de conservación, la gestión sostenibles de los bosques y el aumento de las reservas de carbono en los mismos, además de las medidas para prevenir la deforestación y degradación de los bosques.

<sup>56</sup> <http://www.un-redd.org/AboutREDD/tabid/102614/Default.aspx>

programa REDD+<sup>57</sup>; debido a que la conversión de bosques en tierras de pastoreo para la producción ganadera es una de las causas de la deforestación, la estrategia del programa REDD+ tiene una función importante que desempeñar en la reducción de las emisiones del sector ganadero. Desde 2012, en las negociaciones de la CMNUCC REDD+ se reconoce la importancia que tiene la agricultura como factor impulsor de la deforestación (Wilkes *et al.*, 2012).

### Iniciativas del sector privado

La industria ganadera está desempeñando una función cada vez más importante en la elaboración de estrategias de mitigación. En los últimos 10 años se ha observado un aumento de las iniciativas del sector privado que tratan de hallar respuestas selectivas a los problemas de sostenibilidad.

### Programas de mitigación voluntarios

En algunos casos, el sector ganadero ha asumido una función de liderazgo en identificar mejor las repercusiones ambientales de la producción y las opciones de mitigación para reducir el impacto ambiental. El enfoque común sobre la huella de carbono para el sector lechero (*Common Carbon Footprint Approach for Dairy*) de la Federación Internacional de Lechería es uno de estos ejemplos (FIL, 2010). Basada en la evaluación del ciclo biológico, la metodología elaborada es el resultado de un proceso intensivo, en el que participaron expertos internacionales, para formular directrices comunes con vistas a calcular la huella de carbono del sector lechero. Estas iniciativas no sólo identifican lugares críticos de emisiones de GEI y oportunidades de reducción, sino que, además, pueden aumentar la eficacia a lo largo de la cadena de suministro lechero. En relación con este esfuerzo internacional, un creciente número de asociaciones lecheras nacionales están participando en programas voluntarios de mitigación. La industria de la carne también se está involucrando

progresivamente, como lo demuestran varias iniciativas nacionales, por ejemplo la *US Cattleman Association*, y varios países clave productores de cerdos (Oficina Permanente Internacional de la Carne – OPIC, 2012). Otros esfuerzos incluyen también los instrumentos recién publicados por la *US National Pork Board*, y la *Teasag-Bord Bia Partneship* para evaluar y comprender mejor la industria de la huella de carbono.<sup>58</sup>

### Plataformas de sostenibilidad

Las plataformas de sostenibilidad, que agrupan a varios sectores para trabajar colectivamente en el desarrollo y adopción de prácticas más sostenibles, también colaboran activamente. Por ejemplo, la Iniciativa para una Agricultura Sostenible (SAI por sus siglas en inglés), establecida inicialmente en 2002, cuenta ahora con más de 50 miembros internacionales, entre ellos algunas de las más importantes compañías de producción agrícola del mundo.<sup>59</sup> Los programas de sostenibilidad han progresado a través de varias esferas de productos, incluida la carne de vacuno y los productos lácteos, y con una atención prioritaria por el clima y el agua.

### Participación creciente de las cadenas minoristas

Las cadenas minorista de distribución también han avanzado considerablemente en la promoción de un mejor desempeño ecológico. Los Objetivos para una Agricultura Sostenible Mundial de Walmart es uno de estos programas de comerciantes que están invirtiendo considerablemente a favor de cadenas de suministro ganadero más eficaces y sostenibles. El reciente anuncio hecho en abril de 2013 sobre la asociación entre *The Nature Conservancy (TNC)*, una destacada organización de conservación de la biodiversidad, el grupo Marfrig, uno de los más grandes productores de alimentos del mundo, y Walmart Brasil para invertir en un programa selectivo de sostenibilidad con operaciones en la esfera de la carne de vacuno en

<sup>57</sup> [www.un-redd.org](http://www.un-redd.org)

<sup>58</sup> <http://www.pork.org/Resources/1220/>

CarbonFootprintCalculatorHomepage.aspx

<sup>59</sup> [www.saiplatform.org](http://www.saiplatform.org)

el Pará sudoriental, Brasil, pone de manifiesto el papel más activo que las grandes cadenas de distribución están desempeñando en el sector ganadero con miras a promover prácticas sostenibles.

### **Necesidad de una mayor interacción entre los protagonistas de las cadenas de suministro**

Estas novedades se deben en su mayor parte al cambio de las preferencias de los consumidores y la creciente sensibilización de los interesados a lo largo de las cadenas de suministro ganadero. Para el sector privado, el desafío consistirá en garantizar que los productores apliquen las políticas e iniciativas y que estas se mantengan a largo plazo mediante un proceso de continuas mejoras. Además, se necesita prestar atención al vínculo entre productores y consumidores para garantizar que el sector ganadero satisfaga las necesidades de los consumidores de manera adecuada y pertinente. Esto conlleva la necesidad constante de entender mejor el ciclo biológico de los productos pecuarios y de alentar una mayor interacción entre los responsables de la formulación de las políticas a lo largo de la cadena de suministro.

## **7.5 CONCLUSIONES**

### **Estrategias para lograr simultáneamente los objetivos de desarrollo y mitigación**

Para despertar el interés de los responsables de la formulación de políticas, las políticas de mitigación de las emisiones ganaderas deben ser coherentes con los objetivos generales de desarrollo del país y han de formar parte de un planteamiento sobre el modo en que el sector debe desarrollarse y puede hacerlo. Un requisito clave para la participación de los países en desarrollo, en los que la mayor parte del potencial de mitigación se centra en el sector ganadero, es la elaboración de estrategias que puedan atender los objetivos del desarrollo y de mitigación.

Según se estima, se podría reducir hasta un tercio de las emisiones del sector ganadero a corto o medio plazo recurriendo en mayor medida a prácticas y tecnologías eficaces y rápidamente

disponibles que puedan servir a ambos objetivos. Aunque gran parte del potencial de mitigación del sector ganadero se puede lograr de manera rentable o a un costo mínimo (USEPA, 2006; Moran *et al.*, 2010; Schulte *et al.*, 2012), hacen falta nuevas evaluaciones para mejorar nuestra comprensión de cómo y dónde, de entre la variedad de regiones, sistemas de producción y prácticas de mitigación disponibles, pueden converger los objetivos del desarrollo y de mitigación.

### **Inversiones y políticas para entornos propicios**

Sin embargo, se necesitan inversiones y asociaciones adicionales para estimular la innovación tecnológica y reforzar la capacidad institucional a fin de apoyar y utilizar estas innovaciones. Las extensión y otras actividades de intercambio de conocimientos junto con las actividades de redes son los instrumentos de política principales para colmar las diferencias entre los agricultores más eficaces y los menos eficaces. Al mismo tiempo, se necesitan marcos normativos más sólidos para alinear mejor los objetivos económicos privados y públicos y facilitar en mayor grado la aceptación de toda las estrategias de mitigación. Sin embargo, sin objetivos de emisiones firmes e internacionalmente vinculantes que abarquen la agricultura y los más importantes países emisores del mundo, la introducción de políticas de mitigación eficaces seguirá siendo un reto político y económico. Además, se deberán considerar y aplicar soluciones de compromiso entre los objetivo de mitigación y otros objetivos ambientales y socioeconómicos. Aunque unas estrategias de mitigación de los GEI basadas en la eficacia también pueden mejorar la eficacia en el uso de otros recursos naturales, siguen necesitándose medidas de protección normativas para evitar riesgos ambientales, sanitarios y socioeconómicos no previstos. Por ejemplo, una atención exclusiva a un producto centrada en la eficacia de la producción puede resultar perjudicial para algunos de servicios pecuarios secundarios que son importantes para los hogares pobres de las zonas rurales, incluido su función como depósito de riqueza.

### Investigación y desarrollo adicional

Las actividades adicionales de investigación y desarrollo pueden desempeñar una función en todas las estrategias de mitigación con vistas a mejorar las tecnologías existentes y desarrollar otras nuevas, pero también para organizar intervenciones basadas en conjuntos de tecnologías de mitigación adecuadas a condiciones de producción específicas. Además, se necesitan métodos más precisos y viables económicamente para medir las emisiones, orientar los cambios de prácticas y respaldar la preparación de inventarios nacionales más precisos. Estos problemas varían por sector y región entre las fuentes de emisión ganaderas. Por ejemplo, existen metodologías validadas para medir la recuperación y uso del  $\text{CH}_4$  proveniente del estiércol almacenado como fuente de energía limpia. El predominio de los proyectos de biogás ganaderos en el plan de compensación del MDL es una prueba de ello.

Por el contrario, la retención del carbono en los pastizales tiene un potencial enorme, pero se necesitan más actividades de investigación y desarrollo para elaborar metodologías de medición. Además, hacen falta estudios experimentales y mecanismos institucionales de apoyo antes de que la estrategia pueda promoverse en una escala importante. Esto también mejorará las perspectivas de una mayor inclusión de la estrategia en los objetivos nacionales de mitigación. Además, dada la escasez de análisis de costo-beneficios para las opciones de mitigación, la investigación y desarrollo son esenciales para subsanar esta carencia. Como se examinó anteriormente, el conocimiento del atractivo económico de estas opciones es fundamental para la formulación de políticas de mitigación eficaces en función de los costos.

### Invertir en la mitigación en un contexto normativo de incentivos débiles

En conjunto, los incentivos para la mitigación de las emisiones ganaderas proporcionados por las políticas y los programas de mitigación internacionales y nacionales existentes son muy limitados. Esta debilidad se debe en su mayor parte a la pe-

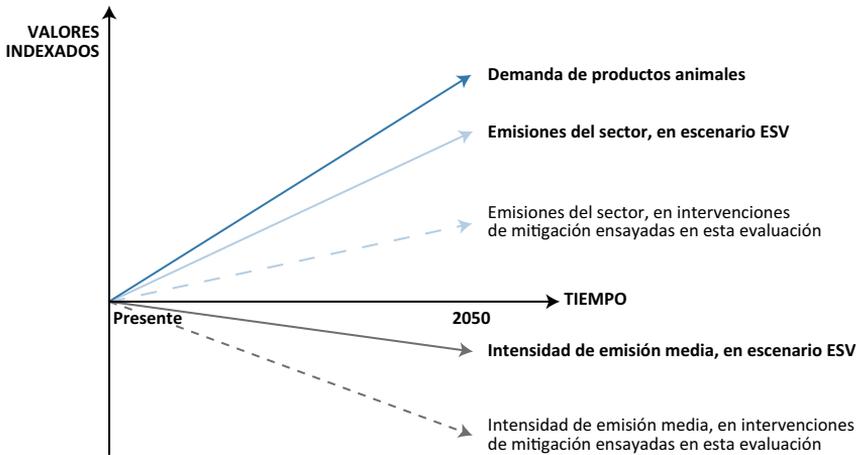
queña proporción de países y emisiones cubiertos por el Protocolo de Kyoto, y sus correspondientes instrumentos basados en el mercado. Las medidas de mitigación apropiadas para cada país también ofrecen incentivos; sin embargo, estas promesas no abarcan más que las ambiciones de mitigación voluntarias que, con la notable excepción del Brasil, hasta ahora excluyen objetivos de mitigación específicos para la ganadería. A falta de un acuerdo internacional más firme e inclusivo para reducir las emisiones, las actividades dependerán en gran medida de la identificación de oportunidades rentables para invertir en la mitigación. Tales oportunidades se basarán en costos de producción reducidos o primas de mercado para productos con baja intensidad de emisiones. La elaboración de instrumentos financieros que permitan al sector público financiar los riesgos vinculados a los proyectos de mitigación, que el sector privado no está dispuesto a asumir, podrían desempeñar una importante función catalizadora en atraer la coinversión del sector privado hacia estos proyectos.

### Intensidad de emisiones frente emisiones absolutas

Las emisiones totales futuras del sector dependerán de los efectos combinados de la reducción de las intensidades de emisión y el crecimiento de la producción, que se prevé que aumente en alrededor de un 70% entre 2010 y 2050 (FAO, 2011c).

En el supuesto de que se mantenga la situación actual (escenario ESV), se prevé que las intensidades de emisiones medias mundiales de las cadenas de suministro ganadero disminuyan ligeramente, debido a la adopción de prácticas más eficaces y a que la mayor parte del crecimiento del sector está vinculada a productos básicos con intensidades de emisión relativamente bajas. La presente evaluación ha demostrado que reduciendo las diferencias relativas a las intensidades de emisión en los sistemas de producción, es posible reducir las intensidades de emisión en un tercio con respecto a sus niveles actuales. A escala global, es poco probable que los logros en cuanto a intensidad de las emisiones, basados en el uso de la tecnología

**GRÁFICO 28.** Interacciones entre tendencias en producción ganadera, emisiones de GEI y esfuerzos de mitigación



actual, compensen completamente la inflación de las emisiones relacionadas con el crecimiento del sector (Gráfico 28). Sin embargo, el potencial técnico de mitigación total del sector, es decir, el efecto de aplicar todas las técnicas de mitigación disponibles, independientemente de sus costos, es mayor que un tercio de las emisiones actuales y es posible que las innovaciones tecnológicas permitan que la mitigación supere sus estimaciones actuales. Además, en regiones en que se prevé un escaso crecimiento de la producción, es posible que las reducciones de la intensidad de las emisiones compensen completamente las tendencias en el sector.

Estas consideraciones, que no se incluyeron en el ámbito de la presente evaluación, exigen mayores investigaciones. Estas supondrán la realización de análisis sociales y económicos para comprender mejor las especificidades regionales, las diferencias entre sistemas y las interacciones entre desarrollo rural, seguridad alimentaria y mitigación. Exigirán, asimismo, evaluar el efecto que los aumentos de la eficacia puedan tener en

los precios al consumidor y los niveles de consumo. Estas investigaciones son necesarias para entender mejor el potencial general de mitigación del sector y determinar la función que puede desempeñar la ganadería en los esfuerzos mundiales y multisectoriales de lucha contra el cambio climático.

### La necesidad de una acción multisectorial internacional con la participación de múltiples interesados

Debido a las dimensiones y la complejidad del sector ganadero, la elaboración y aplicación de estrategias y políticas de mitigación equitativas y eficaces en función de los costos no podrá lograrse sino mediante una acción concertada por parte de todos los interesados (incluidos los productores, las asociaciones industriales, las instituciones académicas, el sector público y las organizaciones intergubernamentales). Además, dada la naturaleza de bien público mundial del cambio climático y los problemas socioeconómicos del sector, una acción colectiva mundial es bienvenida y necesaria-

ria. Asimismo, debido a la creciente integración económica global de las cadenas de suministro del sector ganadero, las acciones unilaterales para mitigar las emisiones de GEI serán muchos menos eficaces que las acciones coordinadas internacionalmente. Por ejemplo, cuando unas políticas de mitigación rigurosas se limitan a un país, existe el riesgo de que gran parte de las reducciones de las emisiones en el país resulten contrarrestadas o se “filtren” hacia sectores no regulados en el extranjero (Golub *et al.*, 2012). Además, para los sectores expuestos al comercio internacional, las políticas unilaterales plantean siempre cuestiones de competitividad y justicia.

Aunque la CMNUCC proporciona el principal mecanismo oficial para la actuación internacional u multisectorial en materia de mitigación de los GEI, también se están realizando importantes esfuerzos de mitigación a nivel de industrias locales, dirigidos a menudo por el sector privado. Sin embargo, se necesita más apoyo de iniciativas mundiales que estén centradas en cuestiones específi-

cas a la ganadería y que puedan realmente integrar e incorporar los objetivos del desarrollo y la mitigación perseguidos por los interesados del sector.

Un ejemplo es la LEAP, que agrupa a asociados del sector privado, organizaciones gubernamentales y de la sociedad civil y organizaciones de investigación e internacionales que han acordado elaborar parámetros comunes para definir y medir el desempeño ecológico de las cadenas de suministro ganadero.<sup>60</sup> El Programa mundial de acción en apoyo del desarrollo sostenible del sector ganadero es una iniciativa estrechamente relacionada emprendida por un grupo similar de interesados de todas las partes del sector ganadero, que afronta la cuestión a nivel de aplicación, centrándose en el cambio de las prácticas y la mejora continua.<sup>61</sup> Se basa en los diferentes puntos fuertes de cada grupo de interesados para fomentar la confianza y la cohesión, que son esenciales para una acción internacional concertada a lo largo de toda la cadena de suministro del sector.

<sup>60</sup> [www.fao.org/partnerships/leap](http://www.fao.org/partnerships/leap)

<sup>61</sup> [www.livestockdialogue.org](http://www.livestockdialogue.org)



# INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE MÉTODOS

1. Cuadro A1. Panorama general del enfoque utilizado para el cálculo de las emisiones provenientes de los piensos en el GLEAM 116
2. Cuadro A2. Método y fuentes de datos utilizados en este informe de actualización y en la evaluación *'La larga sombra del ganado'* 118
3. EL GLEAM comparado con la evaluación *'La larga sombra del ganado'* 120

CUADRO A1. Panorama general del enfoque utilizado para el cálculo de las emisiones provenientes de los piensos en el GLEAM

Especies/ sistema	Paso 1 Categorías de piensos y materiales para piensos incluidos en la cesta de alimentos	Paso 2 Proporciones de categorías de piensos y materiales para piensos en la cesta de alimentos	Paso 3 Cantidad de piensos consumida por los animales	Paso 4 Emisiones de GEI asociadas a la producción de piensos
Pollos cría doméstica	<p>Las categorías y los materiales conexos en la cesta de alimentos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cultivos forrajeros, por ejemplo productos agrícolas de primera clase dados a los animales, como yuca y soja;</li> <li>• cultivos de segunda clase, por ejemplo productos agrícolas no comestibles para el ser humano y dados a los animales, como residuos de cereales, leguminosas y bananas;</li> <li>• residuos agrícolas, por ejemplo paja, rastrojo del maíz;</li> <li>• subproductos, por ejemplo tortas de soja y salvado; forraje, por ejemplo material recogido apacentando en libertad, como hierba y leguminosas; desechos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los materiales obtenidos localmente.</li> <li>• Proporción de cada categoría en la cesta de alimentos basándose en las publicaciones y el conocimiento del experto.</li> <li>• Dentro de las categorías, proporciones de materiales para piensos definidos de la siguiente manera:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- cultivos forrajeros, cultivos de segunda clase, residuos agrícolas y subproductos: estimados por cada cuadrícula SIG, basándose en la proporción correspondiente de materiales en el país y la zona agroecológica en que está situada la cuadrícula;</li> <li>- desechos y material de apacentamiento libre: composición no especificada</li> </ul> </li> </ul>	<p>Basada en las necesidades de energía</p>	<p>Computed by material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cultivos forrajeros, cultivos de segunda clase, residuos agrícolas y subproductos: estimación basada en parámetros de cultivos promediados por país y zona agroecológica – factores de asignación aplicados a todos los cultivos salvo los forrajeros</li> <li>• desechos y material de apacentamiento libre: ninguno</li> </ul>
Cría intensiva de pollos, pollos de engorde y gallinas ponedoras	<p>Las categorías y materiales conexos en la cesta de alimentos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cultivos forrajeros: productos agrícolas de primera clase dados a los animales, por ejemplo yuca, soja y cereales;</li> <li>• subproductos, por ejemplo tortas de soja y salvado;</li> <li>• piensos no agrícolas, por ejemplo, cal, harina de pescado y aminoácidos sintéticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ningún material abastecido a través de fuentes locales.</li> <li>• La proporción de cada categoría y material en la cesta de alimentos se basa en las publicaciones y el conocimiento del experto</li> </ul>	<p>Basada en las necesidades de energía; el consumo de N se controló para que se ajustara a las necesidades</p>	<p>Calculadas por material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La estimación de los cultivos forrajeros y subproductos: se basó en parámetros de cultivos promediados por regiones de la FAO (para los materiales importados, como la soja, las emisiones se calcularon como la media nacional en el país de origen)</li> <li>• cal, harina de pescado y aminoácidos sintéticos: factores de emisiones estándar tomados de las publicaciones y las bases de datos, por ejemplo Ecoinvent</li> <li>• transporte de piensos basado en las estimaciones del transporte local e internacional</li> </ul>
Cerdos de cría doméstica	<p>Al igual que para los pollos de cría doméstica</p>			

(cont.)

CUADRO A1. (cont.)

Especies/ sistema	Paso 1 Categorías de piensos y materiales para piensos incluidos en la cesta de alimentos	Paso 2 Proporciones de categorías de piensos y materiales para piensos en la cesta de alimentos	Paso 3 Cantidad de piensos consumida por los animales	Paso 4 Emisiones de GEI asociadas a la producción de piensos
<b>Cerdos intermedios</b>	<p>Las categorías y los materiales conexos en la cesta de alimentos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cultivos forrajeros, por ejemplo productos agrícolas de primera clase dados a los animales, como yuca y soja;</li> <li>• cultivos de segunda clase, por ejemplo productos agrícolas no comestibles para el ser humano y dados a los animales, como residuos de cereales, leguminosas y bananas;</li> <li>• residuos agrícolas, por ejemplo paja, rastrojo del maíz;</li> <li>• subproductos, por ejemplo tortas de soja</li> <li>• forraje, por ejemplo material recogido apacentando libremente, como hierbas y leguminosas; desechos.</li> <li>• piensos no agrícolas, por ejemplo harina de pescado, aminoácido sintéticos</li> </ul>	<p>Parte del material bastecido a través e fuentes locales (desechos, forraje, residuos agrícolas, cultivos de segunda clase) y otra parte exógena al lugar de producción (cultivos forrajeros, subproductos, piensos no agrícolas)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporción de cada categoría basada en las publicaciones y el conocimiento del experto.</li> <li>• Proporción de materiales para piensos en las categorías exógenas basada en las publicaciones y el conocimiento del experto</li> <li>• Proporción de materiales para piensos dentro de las categorías abastecidas localmente estimada por cada cuadrícula SIG, sobre la base de la proporción correspondiente de materiales en el país y la zona agroecológico en que la cuadrícula está situada</li> </ul>	<p>Basada en las necesidades de energía. El consumo de N se controló para ajustarlo a las necesidades</p>	<p>Calculadas por material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales abastecidos a través de fuentes locales: estimación de las emisiones basadas en parámetros de cultivos promediados por país y zona agroecológica - factores de asignación aplicados a todos los cultivos con excepción de los forrajeros</li> <li>• materiales exógenos: estimación basada en parámetros de cultivos promediados por regiones FAO (para materiales importados, como la soja, las emisiones se calcularon como la media nacional en el país de origen)</li> <li>• desechos y materiales de apacentamiento libre: ninguno</li> </ul>
<b>Cerdos industriales</b>	<p>Al igual que para la cría intensiva de pollos. Las mismas categorías y materiales, excepto la cal.</p>	<p>Categorías y sus proporciones correspondientes en la cesta de alimentos sobre la base de las publicaciones y el conocimiento del experto; estas varían por país, por hato (de carne y leche) y también por categoría de animales (hembras, machos y reservas de engorde para carne)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los países desarrollados, los materiales para piensos y sus respectivas proporciones establecidos basándose en las publicaciones y el conocimiento del experto</li> <li>• Para los países en desarrollo, los materiales para piensos y sus respectivas proporciones establecidos basándose en la disponibilidad relativa en la cuadrícula SIG</li> </ul>	<p>Basada en las necesidades de energía</p>	<p>Calculadas por categoría:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• forraje: estimación basada en parámetros de cultivos de la cuadrícula SIG.</li> <li>• concentrado: estimación basada en parámetros de cultivos promediados por regiones FAO (para materiales importados como la soja, las emisiones se calcularon como la media nacional en el país de origen)</li> <li>• transporte de piensos, basado en las estimaciones del transporte nacional e internacional</li> </ul>
<b>Ganado vacuno y pequeños rumiantes</b>	<p>Las categorías y los materiales conexos en la cesta de alimentos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• forrajes: hierba fresca, leguminosas, heno y ensilados, residuos agrícolas, cogollos y hojas de caña de azúcar</li> <li>• subproductos: salvado y harina oleaginosa</li> <li>• concentrado: granos, melazas, pulpa, semilla oleaginosas</li> </ul>	<p>Categorías y sus proporciones correspondientes en la cesta de alimentos sobre la base de las publicaciones y el conocimiento del experto; estas varían por país, por hato (de carne y leche) y también por categoría de animales (hembras, machos y reservas de engorde para carne)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los países desarrollados, los materiales para piensos y sus respectivas proporciones establecidos basándose en las publicaciones y el conocimiento del experto</li> <li>• Para los países en desarrollo, los materiales para piensos y sus respectivas proporciones establecidos basándose en la disponibilidad relativa en la cuadrícula SIG</li> </ul>	<p>Basada en las necesidades de energía</p>	<p>Calculadas por categoría:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• forraje: estimación basada en parámetros de cultivos de la cuadrícula SIG.</li> <li>• concentrado: estimación basada en parámetros de cultivos promediados por regiones FAO (para materiales importados como la soja, las emisiones se calcularon como la media nacional en el país de origen)</li> <li>• transporte de piensos, basado en las estimaciones del transporte nacional e internacional</li> </ul>

CUADRO A2. Métodos y fuentes de datos utilizados en esta actualización y en la evaluación ‘La larga sombra del ganado’

<b>Parte de la cadena de suministro</b>	<b>Métodos utilizados en esta actualización</b>	<b>Métodos utilizados en ‘La larga sombra del ganado’</b>
<b>Fase anterior a la granja – Producción de piensos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las cestas de alimentos se establecieron por especies y sistemas de producción; parte de la información necesaria para establecer las cestas de alimentos se recopiló a partir de publicaciones y el conocimiento del experto, la información restante se modelizó en el SIG</li> <li>• El consumo de piensos se calculó, para cada especie, basándose en las necesidades</li> <li>• Las emisiones por unidad de pienso se calcularon en un entorno SIG y se basaron en parámetros locales y promediados regionalmente; las emisiones derivadas del cambio de uso de la tierra se calcularon a nivel nacional</li> <li>• Las emisiones relacionadas con el transporte nacional e internacional se calcularon basándose en matrices comerciales y factores de emisión <i>cf. Para mayores detalles, véase el Apéndice</i></li> </ul>	<p>No se establecieron cestas de alimentos por especies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las estadísticas relativas al consumo total de piensos se tomaron de FAOSTAT.</li> <li>• Las emisiones relacionadas con la producción de piensos se calcularon sumando:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- La estimación global de las emisiones asociadas con los fertilizantes globales aplicados a los cultivos forrajeros (fabricación y aplicación)</li> <li>- La estimación global de las emisiones derivadas del uso de combustible fósil en las explotaciones agropecuarias (para piensos y la cría de animales)</li> <li>- Las emisiones estimadas de la conversión de la superficie forestal en zonas neotropicales basándose las publicaciones y las directrices del IPCC de 2001</li> <li>- La estimación global de las emisiones provenientes de los suelos cultivados a través de la pérdida de materia orgánica, enclavado; no se incluyen las emisiones provenientes del arroz</li> <li>- La estimación global de las emisiones generadas por la desertificación inducida por la ganadería.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Fase anterior– Producción no relacionada con los</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los edificios y equipos utilizados en la producción animal se estimaron por especie, sistema de explotación y zona climática, extrapolando la información de las publicaciones y del conocimiento del experto; la energía indirecta y las respectivas emisiones se calcularon a partir de las bases de datos existentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se incluye</li> </ul>

(cont.)

CUADRO A2. (cont.)

Parte de la cadena de suministro	Métodos utilizados en esta actualización	Métodos utilizados en 'La larga sombra del ganado'
<b>Producción ganadera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• emisiones de CH<sub>4</sub> entérico se basaron en el método de cálculo del Nivel 2 de las directrices IPCC (2006); las cestas de alimentos se estimaron como se explicó anteriormente; la producción animal y la estructura del hato se modelizaron en el modelo de ECB</li> <li>• Las emisiones de óxido nitroso y CH<sub>4</sub> relacionadas con el almacenamiento del estiércol se calcularon utilizando el método del Nivel 2 de las directrices del IPCC (2006) y la tecnología del SIG; el volumen y composición del estiércol se calculó para cada cuadrícula SIG y los datos climáticos se utilizaron para estimar los factores de emisión; se hicieron estimaciones sobre la extensión de las principales prácticas de manejo del estiércol para diferentes especies, sistemas de explotación, regiones y zonas climáticas</li> <li>• Los niveles de mecanización se estimaron por especie, sistema de explotación y zona climática, extrapolando la información obtenida de las publicaciones y el conocimiento del experto; la eficacia energética, las fuentes de energía y las respectivas emisiones se calcularon a partir de las bases de datos existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico se basaron en el método de cálculo del Nivel 2 de las directrices IPCC (2006); los parámetros necesarios para calcular las emisiones se estimaron para cada especie, región y sistema de producción a partir de las publicaciones y las bases de datos de la FAO</li> <li>• Las emisiones de óxido nitroso y CH<sub>4</sub> relacionadas con el almacenamiento del estiércol se calcularon utilizando el método del Nivel 2 de las directrices del IPCC (2006); las prácticas de manejo del estiércol se estimaron por especie, sistema de explotación y región</li> <li>• El uso de energía en las explotaciones agropecuarias a nivel mundial se estimaron basándose en los datos provenientes de las publicaciones (no se distinguió entre piensos y no piensos – véase más arriba)</li> </ul>
<b>Fase posterior a la granja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los niveles de elaboración y las distancia del transporte se estimaron por producto, sistema de explotación y región; la información sobre las necesidades de energía conexas se tomó de las publicaciones y, luego las emisiones se calcularon basándose en las bases de datos existentes sobre la intensidad de las emisiones del sector de la energía; las emisiones transporte se estimaron basándose en los datos de os estudios de caso publicados y en las matrices comerciales de FAOSTAT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las estimaciones de las emisiones provenientes de la elaboración generadas a nivel mundial basándose en los estudios de caso publicados y la contribución relativa de los sistemas de explotación a la producción total; los datos de los estudios de caso publicados y las matrices comerciales de FAOSTAT se utilizaron para calcular el transporte internacional</li> </ul>

## El GLEAM comparado con la evaluación 'La larga sombra del ganado'

Tanto la evaluación de 2006 como esta más reciente se basan en una ECB de fricción y en el uso después de la granja de límites de sistema similares, desde el inicio hasta la explotación. Sin embargo, dentro de este amplio marco común, la presente evaluación se basa en un marco de cálculo completamente nuevo denominado GLEAM. Las principales diferencias se presentan en el Cuadro A6 y se resumen a continuación:

- Este análisis depende del GLEAM basado en el Sistema de información geográfica (SIG) elaborado en la FAO para el cálculo de las emisiones por especies, productos básicos, sistemas de explotación y zonas climáticas, mientras que la evaluación de 2006 se basa fundamentalmente en tablas estadísticas.
- Los cálculos de esta actualización se refieren a una media de tres años en torno a 2005, mientras que la evaluación de 2006 se basa en el período que va de 2001 a 2004.
- Las dos evaluaciones se basan fundamentalmente en las directrices del IPCC para las emisiones de GEI, pero la evaluación 'La larga sombra del ganado' utiliza la versión de 2001, mientras que esta evaluación utiliza la versión de 2006. Además, ambas evaluaciones utilizan diferentes potenciales de alerta para el cálculo de las emisiones en unidades de CO<sub>2</sub>-eq: 296 para el N<sub>2</sub>O y 298 para CH<sub>4</sub> en la evaluación de 2006, y 23 y 25 respectivamente en el presente informe.
- En consonancia con el IPCC (2006), esta evaluación supone reservas de carbono orgánico en el suelo estables bajo un uso constante de la tierra, es decir, cuando la tierra ha permanecido dentro de la misma amplia clase de uso durante los últimos 20 años (pastizales, cultivos, bosques). Por otro lado, 'La larga sombra del ganado' estima las emisiones generadas por las pérdidas de materia orgánica en los suelos cultivados y por la desertificación de los pastizales inducida por el ser humano, que representan 0,12 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq.
- En la presente evaluación se incluyen las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la producción de productos de arroz utilizados como piensos, que no se pudieron estimar durante la preparación del informe 'La larga sombra del ganado' porque la información disponible era muy limitada; las emisiones ascienden a 26 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.
- En la evaluación 'La larga sombra del ganado' se incluyen las emisiones de GEI relacionadas con la producción de piensos (incluido los pastos) con que se alimenta a todas las especies de animales (por un total de 2,7 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq), mientras que en este informe no se tienen en cuenta más que los materiales para piensos con que se alimenta a las especies estudiadas, esto es, aves de corral, ganado vacuno, cerdos, pequeños rumiantes y búfalos (por un total de 3,2 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq incluidos los productos de arroz).
- En la evaluación 'La larga sombra del ganado' se contabilizaron todas las emisiones provenientes del estiércol (por un total aproximado de 2,2 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq), pero en este informe no se contabilizaron más que las emisiones relacionadas con el manejo del estiércol y su aplicación a los cultivos forrajeros o pastos (por un total de 0,7 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq y 1,1 gigatonelada de CO<sub>2</sub>-eq, respectivamente).
- En las dos evaluaciones se incluyen las emisiones relacionadas con un cambio de uso de la tierra debido a la deforestación causada por la expansión de los pastizales y cultivos forrajeros, y se limita el alcance del análisis a la región latinoamericana. En la evaluación 'La larga sombra del ganado', se estimó que las evaluaciones correspondientes ascendían a 2,4 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq, frente a 0,65 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>-eq en este informe. La considerable diferencia se explica por: i) los diferentes períodos de referencia (1990-2006 y 2000-2010 para esta evaluación y 'La larga sombra del ganado', respectivamente) y las fuentes de datos sobre el cambio de uso de la

tierra (FAOSTAT y Wassenaar *et al.* (2007) para esta evaluación y ‘La larga sombra del ganado’); ii) la limitación de la expansión de cultivos forrajeros solamente a la expansión de la soja en el Brasil y la Argentina en esta evaluación, en comparación con la inclusión de la expansión de todos los cultivos forrajeros en el Brasil y Bolivia en ‘La larga sombra del ganado’, y iii) las diferentes versiones de las directrices del IPCC – véase más arriba.

- Mientras esta evaluación utiliza la metodología del IPCC como base para la cuantificación de las emisiones debidas a cambios de

uso de la tierra, el enfoque utilizado en ‘La larga sombra del ganado’ se basa en un marco de modelización del cambio de uso de la tierra que previó posibles cambios de uso de la tierra para 2010 basándose en las proyecciones de FAO (2003), y cambios en la cobertura forestal.

- Las emisiones relacionadas con los edificios y equipos no se incluyeron en el informe ‘La larga sombra del ganado’ debido a la limitada información disponible. En esta evaluación se han estimado, y ascendieron a 24 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.



---

# BIBLIOGRAFÍA

- Alcock, D.J. & Hegarty, R.S.** 2011. Potential effects of animal management and genetic improvement on enteric methane emissions, emissions intensity and productivity of sheep enterprises at Cowra, Australia. *Animal Feed Science and Technology*, 166: 749–760.
- Banco Mundial.** 2011. Climate-Smart Agriculture: Increased Productivity and Food Security, Enhanced Resilience and Reduced Carbon Emissions for Sustainable Development. Banco Mundial, Washington D.C.
- Banco Mundial.** 2012. Turn Down the Heat. Why a 4°C warmer world must be avoided. A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. Banco Mundial, Washington.
- Banco Mundial.** 2013. Energy use data, accessed on 29 April 2013. Available at <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE><http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.KT.OE.COMM.KT.OE>
- Bastos, E.** 2013. *Multi-stakeholder action for sustainable livestock*, side event at the 38th FAO Conference. Brazilian Roundtable on Sustainable Livestock. Rome, FAO, 17 June. (available at [http://www.livestockdialogue.org/fileadmin/templates/res\\_livestock/docs/2013\\_june17\\_Rome/GTPS\\_FAO\\_Jun13\\_Institutional-eng.pdf](http://www.livestockdialogue.org/fileadmin/templates/res_livestock/docs/2013_june17_Rome/GTPS_FAO_Jun13_Institutional-eng.pdf)).
- Beach, R.H., DeAngelo, B.J., Rose, S., Li, C., Salas, W. & DelGrosso, S.J.** 2008. Mitigation potential and costs for global agricultural greenhouse gas emissions. *Agricultural Economics*, 38(2), 109–115.
- Beauchemin, K.A., Janzen, H.H., Little, S.M., McAllister, T.A. & McGinn, S.M.** 2011. Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada – Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166–167: 663–677.
- Beauchemin, K.A., Kreuzer, M., O’Mara, F. & McAllister, T.A.** 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48: 21–27.
- Bell, M.J., Wall, E., Russell, G., Simm, G. & Stott, A.W.** 2011. The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. *J. Dairy Sci.*, 94: 3662–3678.
- Bertelsen, B. S., Faulkner, D. B., Buskirk, D. D., & Castree, J. W.** 1993. Beef cattle performance and forage characteristics of continuous, 6-paddock, and 11-paddock grazing systems. *Journal of animal science*, 71(6): 1381–1389.
- Berman, A.** 2011. Invited review: Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? *J. Dairy Sci.* 94: 2147–2158.
- Borchersen, S. & Peacock, M.** 2009. Danish A.I. field data with sexed semen. *Theriogenology*, 71(1): 59–63
- Britz, W., & Witzke, P.** 2008. CAPRI model documentation 2008: Version 2. Institute for Food and Resource Economics, Universidad de Bonn, Bonn.
- Chilliard, Y. & Ferlay, A.** 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.*, 44: 467–492.

- Cederberg, C. & Stadig, M. 2003. System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production, *Int. J. Life Cycle Assess.* 8(6):350–356
- Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogée, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend, A.D., Friedlingstein, P., Grünwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J.M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J.F., Sanz, M.J., Schulze, E.D., Vesala, T. & Valentini, R. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437: 529–533.
- Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P. & Amon, B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 112: 171–177.
- CMNUCCU. 2009a. Annex I Party GHG Inventory Submissions. from [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/4771.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4771.php)
- CMNUCC. 2009b. Non-Annex I National Communications. from [http://unfccc.int/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/items/2979.php](http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php)
- Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11(2): 343–355.
- Conant, R.T. & Paustian, K. 2002. Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles*, 16(4): 1143.
- Cramer, W., Kicklighter, D.W., Bondeau, A., Moore Lii, B., Churkina, G., Nemry, B., Ruim, A., Schloss, AL. 1999. Comparing global models of terrestrial net primary productivity (NPP): overview and key results. *Global Change Biology*, 5(1): 1–15.
- Crosson, P., Shalloo, L., O'Brien, D., Lanigan, G.J., Foley, P.A., Boland, T.M. & Kenny, D.A. 2011. A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166–167: 29–45.
- Dairy UK Supply Chain Forum. 2008. The Milk Roadmap (available at <http://www.dairyuk.org/environmental/milk-roadmap>).
- De Jarnette, J.M., Nebel, R.L., & Marshall, C.E. 2009. Evaluating the success of sex-sorted semen in US dairy herds from on farm records. *Theriogenology*, 71: 49–58
- Diaz. 2013. Personal communication.
- Dobson, J.E., Bright, E.A., Coleman, P.R., Durfee, R.C. & Worley, B.A. 2000. Land Scan: a global population database for estimating populations at risk. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 66(7): 849–857.
- Dorrough, J., Moll, J. & Crosthwaite, J. 2007. Can intensification of temperate Australian livestock production systems save land for native biodiversity? *Agric Ecosys Environ.* 121: 222–32.
- EPA. 2006. Global Mitigation of Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases. EPA 430-R-06-005. Agencia de protección animal de los Estados Unidos, Washington DC.
- Falloon, P., & Smith, P. 2002. Simulating SOC changes in long-term experiments with RothC and CENTURY: model evaluation for a regional scale application. *Soil Use and Management*, 18(2): 101–111.
- FAO. 1996. *World livestock production systems: current status, issues and trends*, por C. Seré y H. Steinfeld. Estudios FAO: Producción y Sanidad Animal N° 127. FAO, Roma.
- FAO. 2005. *The importance of soil organic matter: key to drought-resistant soil and sustained food and production*, por Bot, A. y Benites, J. Vol. 80. FAO, Roma.
- FAO. 2006. *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*, por H. Steinfeld, P. J. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, & C. de Haan. FAO, Roma.

- FAO. 2007. *Gridded livestock of the world 2007* por Wint, W. y Robinson, T. FAO, Roma.
- FAO. 2010a. *Agriculture, food security and climate change in the post-Copenhagen process, an FAO information note*. FAO, Roma.
- FAO. 2010b. *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: A Life Cycle Assessment*. FAO, Roma.
- FAO. 2011a. *Climate Change Mitigation Finance for Smallholder Agriculture. A guide book to harvesting soil carbon sequestration benefits*, por L. Lipper, B. Neves, A. Wilkes, T. Tennigkei, P. Gerber, B. Henderson, G. Branca y W. Mann. FAO, Roma.
- FAO. 2011b. *Global livestock production systems*, por T.P. Robinson, P.K. Thornton, G. Franceschini, R.L. Kruska, F. Chiozza, A. Notenbaert, G. Cecchi, M. Herrero, M. Epprecht, S. Fritz, L. You, G. Conchedda y L. See. FAO, Roma.
- FAO. 2011c. *World Livestock 2011 – Livestock in food security*. FAO, Roma.
- FAO. 2013a. *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment*. Opio C., Gerber P., Mottet A., Falcucci A., Tempio G., MacLeod M., Vellinga T., Henderson B. y Steinfeld, H. FAO, Roma.
- FAO. 2013b. *Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment*. MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. y Steinfeld, H. FAO, Roma.
- FAO. 2013c. *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO<sub>2</sub> emissions*. Editado por P. J. Gerber, B. Henderson y H. Makkar. Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal N° 177. FAO, Roma.
- FAO. 2013d. *Optimization of feed use efficiency in ruminant production systems – Proceedings of the FAO Symposium, 27 November 2012, Bangkok, Thailand*, by Harinder P.S. Makkar and David Beeve, eds. FAO Animal Production and Health Proceedings, No. 16. Rome, FAO and Asian-Australasian Association of Animal Production Societies.
- FAOSTAT 2009. FAO, Roma.
- FAOSTAT 2013. FAO, Roma.
- FIL. 2010. The International Dairy Federation Common Carbon Footprint Approach for Dairy. The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector. Boletín de la Federación Internacional de Lechería 445/2010. FIL, Bruselas.
- Fischer, G., Nachtergaele, F., Prieler, S., van Velthuizen, H. T., Verelst, L., & Wiberg, D. 2008. Global agro-ecological zones assessment for agriculture (GAEZ 2008). IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Roma.
- Flysjö, A., Cederberg, C & Strid, I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel - miljöpåverkan i samband med production. SIK rapport No. 772, Version 1.1.
- Follett, R. F., & Reed, D. A. 2010. Soil carbon sequestration in grazing lands: societal benefits and policy implications. *Rangeland Ecology & Management*, 63(1): 4-15.
- Garnsworthy, P. 2004. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 112: 211–223.
- Gerber, P.J., Vellinga, T., Opio, C. & Steinfeld, H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas intensity in dairy systems. *Livestock Science*, 139: 100–108
- Gerber, P.J. & Menzi, H. 2006. Nitrogen losses from intensive livestock farming systems in Southeast Asia: A review of current trends and mitigation options. *International Congress Series*, 1293: 253–261
- Gerber, P.J., Hristov, A. N., Henderson, B., Makkar H., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A. T., Yang, W. Z., Tricarico, J. M., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. & Oosting, S. 2013. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal*, 7 (2): 220–234.

- Golub, A. A., Henderson, B. B., Hertel, T. W., Gerber, P. J., Rose, S. K., & Sohngen, B.** 2012. Global climate policy impacts on livestock, land use, livelihoods, and food security. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Grainger C., & Beauchemin K.A.** 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Anim Feed Sci Tech*, 166–167: 308–320
- Havlík, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., Aoki, K., Cara, S. D., Kindermann, G., Kraxner, F., Leduc, S., McCallum, I., Mosnier, A., Sauer, T. & Obersteiner, M.** 2011. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy* 39 (10), 5690 – 5702.
- Hertel, T. W.** (Ed.). 1999. Global trade analysis: modeling and applications. Cambridge university press.
- Hertel, T.** 2012. Implications of Agricultural Productivity for Global Cropland Use and GHG Emisiones. Global Trade Analysis Project Working Paper No. 69, Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University.
- Holland, E. A., Parton, W. J., Detling, J. K., & Coppock, D. L.** 1992. Physiological responses of plant populations to herbivory and their consequences for ecosystem nutrient flow. *American Naturalist*, 685-706.
- IEA,** 2008. Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050, p. 307. Agencia Internacional de Energía, París.
- IFPRI,** 2009. *Millions fed: Proven successes in agricultural development.* (Eds) Spielman, D. J., & Pandya-Lorch, R. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias
- Innovation Center for U.S. Dairy** 2008. U.S. Dairy Sustainability Initiative : A Roadmap to Reduce Greenhouse Gas Emisiones and Increase Business Value (available at <http://www.usdairy.com/Public%20Communication%20Tools/RoadmapToReduceGHGEmisiones.pdf>).
- IPCC.** 2006. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. IGES, Japón.
- IPCC.** 2007. Mitigación del Cambio Climático: Contribución del Grupo de trabajo III al cuarto informe de evaluación del IPCC (Vol. 4). Cambridge University Press.
- Jack, B. K.** 2011. Constraints on the adoption of agricultural technologies in developing countries. White paper, Agricultural Technology Adoption Initiative, J-PAL (MIT) and CEGA (UC Berkeley).
- Kamuanga, M.J., Somda, J., Sanon, Y., & Kagoné, H.** 2008. Livestock and regional market in the Sahel and West Africa. Potentials and challenges. SWAC-OECD/ECOWAS. Sahel and West Africa Club/OECD, Issy-les-Moulineaux.
- Keady T.W.J, Marley, C.M. and Scollan, N.D..** 2012. Grass and alternative forage silages for beef cattle and sheep: effects on animal performance. Proceedings of the XVI International Silage Conference, Hämeenlinna, Finlandia.
- Kimura S.** (ed.). 2012. Analysis on Energy Saving Potential in East Asia Region, ERIA Research Project Report 2011, No. 18.
- Kirschbaum, M. U., & Paul, K. I.** 2002. Modelling C and N dynamics in forest soils with a modified version of the CENTURY model. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(3): 341-354.
- Lal, R.** 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304: 1623–1627.
- Lambin, E. & Meyfroit, P.** 2011. Global land-use change, economic globalization and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9): 3465–3472.
- Manninen, M., Honkavaara, M., Jauhiainen, L., Nykänen, A. and Heikkilä, A-M.** 2011. Effects of grass-red clover silage digestibility and concentrate protein concentration on performance, carcass value, eating quality and economy of finishing Hereford bulls reared in cold conditions. *Agricultural and Food Science*, 20: 151-168.

- Martin, C., Rouel, J., Jouany, J.P., Doreau, M. & Chilliard, Y.** 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *J. Anim. Sci.*, 86: 2642–2650.
- Masse, D.I., Croteau, F., Patni, N.K. & Masse, L.** 2003a. Methane emisiones from dairy cow and swine manure slurries stored at 10°C and 15°C. *Can. Biosyst. Eng.*, 45(6):1–6.6.
- Masse, D.I., Masse, L. & Croteau, F.** 2003b. The effect of temperature fluctuations on psychrophilic anaerobic sequencing batch reactors treating swine manure. *Bioresource Technol.*, 89: 57–62.
- McMichael, A.J., Powles, J.W., Butler, C.D. & Uauy, R.** 2007. Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet*, 370(9594): 1253–1263.
- Mekoya, A., Oosting, S. J., Fernandez-Rivera, S., & Van der Zijpp, A. J.** 2008. Multipurpose fodder trees in the Ethiopian highlands: Farmers' preference and relationship of indigenous knowledge of feed value with laboratory indicators. *Agricultural Systems*, 96(1): 184–194.
- Mohamed Saleem, M. A.** 1998. Nutrient balance patterns in African livestock systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 71: 241–254.
- Monfreda, C., Ramankutty, N. & Foley, J.A.** 2008. Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1).
- Moran, D., Macleod, M., Wall, E., Eory, V., McVittie, A., Barnes, A., Rees, R., Topp, C.F.E. & Moxey, A.** 2011. Marginal abatement cost curves for UK agricultural greenhouse gas emissions. *Journal of Agricultural Economics*, 62(1): 93–118.
- Nazareno, A.G., Feres, J.M. de Carvalho, D., Sebbenn, A.M., Lovejoy, T.E. & Laurance, W.F.** 2012. Serious New Threat to Brazilian Forests. *Conservation Biology*, 26(1): 5–6.
- NDDB.** 2013. Animal Breeding. National Dairy Development Board (disponible en <http://www.nddb.org/English/Services/AB/Pages/Animal-Breeding.aspx>).
- Nguyen, H.** 2012. Life cycle assessment of cattle production: exploring practices and system changes to reduce environmental impact, Tesis de doctorado, Universidad Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, Francia.
- Norman, H.D., Hutchison, J.L., & Miller, R.H.** 2010. Use of sexed semen and its effect on conception rate, calf sex, dystocia, and stillbirth of Holsteins in the United States. *J. Dairy Sci.*, 93: 3880–3890
- OCDE/FAO (2011).** OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020, OECD Publishing and FAO (disponible también en [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2011-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-en)).
- Oosting, S.J., Mekoya, A., Fernandez-Rivera, S. & van der Zijpp, A.J.** 2011. Sesbania sesban as a fodder tree in Ethiopian livestock farming systems: Feeding practices and farmers' perceptions of feeding effects on sheep performance. *Livest. Sci.* 139: 135–142.
- OPIIC.** 2012. *Pigs and the environment: How the global pork business is reducing its impact.* Secretaría Internacional de la Carne. París.
- Parton, W. J., Schimel, D. S., Cole, C. V., & Ojima, D. S.** 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51(5): 1173–1179.
- Parton W.J., Hartman M., Ojima D., Schimel D.** 1998. DAYCENT and its land surface submodel: description and testing. *Global and Planetary Change*, 19: 35–48.
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J. & Common, M.** 2003. *Natural Resource and Environmental Economics; Third Edition.* Pearson Education Limited, Essex, Reino Unido.
- PNUMA.** 2012. The Emission Gap Report 2012. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Nairobi.
- Rabiee, A.R., Breinhild, K., Scott, W., Golder, H.M., Block, E. & Lean, I.J.** 2012. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.* 95: 3225–3247.

- Rasmussen, J. & Harrison, A. 2011. The Benefits of Supplementary Fat in Feed Rations for Ruminants with Particular Focus on Reducing Levels of Methane Production. ISRN Veterinary Science, 2011.
- Rath, D. & Johnson, L.A. 2008. Application and commercialization of flow cytometrically sex-sorted semen. *Reprod Domest Anim*, 43: 338–346.
- Reardon, T. 1997. ‘Using Evidence of Household Income Diversification to Inform Study of the Rural Nonfarm Labor Market in Africa’, *World Development*, 25(5):735–747.
- Roos, K.F., Martin, J.H. & Moser, M.A. 2004. *AgSTAR Handbook: A manual for developing biogas systems at commercial farms in the United States, Segunda edición*. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América. EPA-430-B-97-015.
- Rosegrant, M. W., Meijer, S., & Cline, S. A. 2008. International model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT): Model description. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. Washington, DC, Estados Unidos de América.
- Rotz, C.A. & Hafner, S. 2011. Whole farm impact of anaerobic digestion and biogas use on a New York dairy farm. ASABE Annual International Meeting, Louisville, Kentucky.
- Safley, L.M. & Westerman, P.W. 1994. Low-temperature digestion of dairy and swine manure. *Bioresource Technol.*, 47: 165–171.
- Schulte, R. & Donnellan, T. 2012. A marginal abatement cost curve for Irish agriculture. Teagasc submission to the National Climate Policy Development Consultation. Teagasc, 30.
- Scollan, N.D., Sargeant, A., McMullan, A.B. and Dhanoa, M.S. 2001. Protein supplementation of grass silages of differing digestibility for growing steers. *The Journal of Agricultural Science*, 136:89-98.
- Smith, P., Haberl, H., Popp, A., Erb, K., Lauk, C., Harper, R., Tubiello, F.N., de Siqueira Pinto, A., Jafari, M., Sohi, S., Masera, O., Bötcher, H., Berndes, G., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsidig, E.A., Mbow, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Robledo Abad, c., Romanovskaya, A., Sperling, F., Herrero, M., House, J.I. & Rose, S. 2013. How much land based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals? *Global Change Biology*, 19 (8): 2285–2302.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O’Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko. 2007: Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Nueva York, Estados Unidos de América.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O’Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U. & Towprayoon, S. 2007. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118:6–28.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O’Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M. & Smith, J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492): 789-813.

- Soussana, J.F., Tallec, T. & Blanfort, V.** 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4: 334–350.
- Steen, R.W.J.** 1987. Factor affecting the utilization of grass silage for beef production. In: Efficient beef production from grass, Occasional symposium of the British grassland society, Reading U.K. Ed J.F. Frame. 22:129-139.
- Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D. P., den Elzen, M. G., Eickhout, B., & Kabat, P.** 2009. Climate benefits of changing diet. *Climatic change*, 95(1-2): 83-102.
- Stocker, T. F.** 2013. The Closing Door of Climate Targets. *Science*, 339(6117), 280-282.
- Tennigkeit, T. & Wilkes, A.** 2008. *An assessment of the potential for carbon finance in rangelands*. Working Paper No. 68. Centro Mundial de Agrosilvicultura.
- Thornton, P. K., & Herrero, M.** 2010. Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(46): 19667-19672.
- Udo, H.M.J., Aklilu, H.A., Phong, L.T., Bosma, R.H., Budisatria, I.G.S., Patil, B.R., Samdup, T. & Bebe, B.O.** 2011. Impact of intensification of different types of livestock production in smallholder crop-livestock systems. *Livestock Science*. 139: 22–30.
- US EPA.** 2006. Global Mitigation of Non-CO2 Greenhouse Gases. EPA 430-R-06-005. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, Washington DC.
- VCS (Verified Carbon Standard).** 2013 Verified Carbon Standard Requirements Document Version 3.2 (disponible en <http://v-c-s.org/program-documents>).
- Vellinga, T. V., & Hoving, I. E.** 2011. Maize silage for dairy cows: mitigation of methane emissions can be offset by. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89(3), 413-426.
- Walli, T.K.** 2011. Biological treatment of straws. Pages 57-61 In *Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries*. Actas de la conferencia electrónica de la FAO, 1-30 de septiembre de 2010, Roma, Italia.
- Whittle, L., Hug, B., White, S., Heyhoe, E., Harle, K., Mamun, E. & Ahammad, H.** 2013. Costs and potential of agricultural emissions abatement in Australia.
- Wilkes, A., Solymosi, K. and Tennigkeit, T.** 2012. Options for Support to Grassland Restoration in the context of Climate Change Mitigation. UNIQUE forestry and land use, Freiburg.
- Wilson, J. R., & Minson, D. J.** 1980. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Tropical Grasslands*, 14(3), 253-259.
- You, L., Crespo, S., Guo, Z. Koo, J., Ojo, W., Sebastian, K., Tenorio, T.N., Wood, S. & Wood-Sichra, U.** 2010. Spatial Production Allocation Model (SPAM) 2000, Version 3. Release 2 (available at <http://MapSPAM.info>).
- Zi, X. D.** 2003. Reproduction in female yak and opportunities for improvement. *Theriogenology*, 59(5), 1303-1312.

An aerial photograph showing a large herd of sheep grazing in a lush green field. The sheep are scattered across the landscape, with some forming a loose line in the center. The field is vibrant green, and the sky above is bright with some light clouds. The overall scene is peaceful and pastoral.

Como es preciso desplegar mayores esfuerzo para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, el sector pecuario puede aportar su contribución. Fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, también puede reducirlas considerablemente. En el presente informe se presenta una evaluación global única de la magnitud, las fuentes y las trayectorias de las emisiones de diferentes sistemas de producción y cadenas de suministro pecuarios. Además, basándose en la evaluación del ciclo biológico, los análisis estadísticos y la construcción de escenarios, se facilitan estimaciones sobre las posibilidades de mitigación que brinda el sector y se señalan opciones concretas para reducir las emisiones. El informe, además de ser recurso útil para las partes interesadas, desde los productores pecuarios hasta los encargados de la toma de decisiones, los investigadores y los representantes de la sociedad civil, se propone contribuir al debate público sobre la importancia de las cadenas de suministro ganadero en el cambio climático y las posibles soluciones.