

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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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, considerado 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 NH_3 y N_2O 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.²¹ 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 CH₄ proveniente de la fermentación entérica, que representa el 60%, y el N₂O 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 CO₂-eq por kilogramo de leche, en comparación con la media mundial de 2,7 kilogramos de CO₂-eq por kilogramo de leche. Las 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 CH₄ 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 CH₄ 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-

²¹ 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
Potencial de mitigación total (en millones de toneladas de CO ₂ -eq)	120
	(porcentaje)
En relación con el nivel de referencia	38,0
...de los cuales:	
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.²² 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 CH₄.²³

- **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 CO₂-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

²² 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.

²³ 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 CO₂-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.²⁴ 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 CO₂ 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 CO₂-eq por kilogramo de peso en canal y 6 kilogramos de CO₂-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

²⁴ 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						
Potencial de mitigación total (en millones de toneladas de CO ₂ -eq)	32	37	21	33	52	71
	(porcentaje)					
Porcentaje de las emisiones de referencia	31,5	37,6	15,5	24,9	27,7	36,0
...de las cuales:						
Reducción del CH ₄ 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 ¹	15,2	16,7	NA	NA	9,4	9,0

¹ 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 CO₂-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 CO₂-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 CH₄ 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 especializada²⁵ de América del Sur²⁶ representa el 31% de la carne producida por el sector de carne de vacuno espe-

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

²⁶ 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, trituración 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 CO₂-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
Módulo de piensos			
Digestibilidad media de los piensos dados a las vacas en lactación (<i>porcentaje</i>)	árida: 54,8 (6,4) ¹ húmeda: 53,3 (7,8) ¹ templada: 55,6 (6,4) ¹	árida: 63,4 húmeda: 62,7 templada: 59,4	Valor de la digestibilidad de los piensos en el 90° percentil ² en cada zona climática – véase texto.
Módulo del hato			
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 ³ otras cohortes: 8,0	terneras: 17,0 terneros: 47,0 ³ 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.
Módulo del sistema			
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.

¹ Digestibilidad media y desviación estándar.

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

³ 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 CO₂-eq por kilogramo de peso en canal y 68 kilogramos de CO₂-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 CO₂-eq por kilogramo, esto es, sólo 9% por encima de la media mundial de 55 kilogramos de CO₂-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 pastoreo²⁷.

- **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 N₂O provenientes de los piensos en América del Sur; las intensidades de emisión de N₂O 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 CO₂-eq por kilogramo frente a 17 kilogramos de CO₂-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 N₂O.
- **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 CH₄ 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

²⁷ 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
Total potencial de mitigación (en millones de toneladas de CO ₂ -eq)	9,2 a 13,0	156,0 a 255,0	24,0 a 42,0	190,0 a 310,0
	(porcentaje)			
Porcentajes de las emisiones de referencia	39,4 a 57,5	17,5 a 28,4	16,3 a 28,9	17,7 a 28,8
... de los cuales:				
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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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),²⁸ lo que se traduce en una retención de carbono anual de 8,3-10,4 millones de toneladas de CO₂-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

²⁸ <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 CH₄ 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 CH₄, 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 CO₂-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 CO₂-eq por kilogramo de materia seca (en lugar de 0,79 kilogramo de CO₂-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
Módulo del estiércol				
Estiércol tratado en digestores anaerobios (porcentaje)	7,0 (15,0 en Tailandia)	60,0		
Módulo de los piensos				
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 ₂ -eq/kg MS)	13,8	14,2		
Intensidad de emisión del pienso (kg CO ₂ -eq/kg SM)	0,89	0,79		
Módulo del hato¹				
	Asia oriental y sudoriental	Asia oriental	Asia sudoriental	
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	
Módulo del sistema				
Reducción de las emisiones derivadas de la energía usada para producir piensos (porcentaje)	NA	ESV - 23	EPA - 46	Basado en Kimura (2012).
Uso directo e indirecto de energía en la granja				
Cambio en la intensidad de emisión de la energía (porcentaje)		BAU - 23	APS - 46	Basado en Kimura (2012).
Emisiones posteriores a la granja				
Cambio en la intensidad de emisión de la energía (porcentaje)	NA	BAU - 23	APS - 46	Basado en Kimura (2012).

¹ 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 occidental²⁹ produjo 642 000 toneladas de carne³⁰ 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 CO₂-eq por kilogramo de peso en canal, es decir, superior en 55% a la media mundial de 23 kilogramos de CO₂-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 CO₂-eq por kilogramo de LNGP, es decir, superior en 30% a la media mundial de 6,8 kilogramos de CO₂-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 CH₄ digestivo. Como consecuencia, África occidental tiene niveles de intensidad de emisiones de CH₄ entérico más elevados para la carne de pequeños rumiantes, a saber, 25 kilogramos de CO₂-eq por kilogramo de peso en canal, en comparación con la media mundial de 13 kilogramos de CO₂-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.

²⁹ 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.

³⁰ 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
Total potencial de mitigación (en millones de toneladas de CO ₂ -eq)	4,7 a 7,1	3,0 a 4,9	7,7 a 12,0
	(percentage)		
Porcentaje de las emisiones de referencia	32,7 a 48,7	20,7 a 33,1	26,6 a 41,3
... de las cuales:			
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 CO₂-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
Módulo de los piensos			
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	
Módulo del hato			
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	
Retención de carbono en el suelo	<i>(toneladas de CO₂-eq/ha/año)¹</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	

¹Not 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
Módulo de los piensos			
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	
Módulo del hato			
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	
Retención de carbono en el suelo¹	<i>(ttoneladas de CO₂-eq/halaño)</i>		
	0,00	0,17	Productos del análisis de la modelización de Century. Tasas aplicadas a 16,4 millones de hectáreas.

¹ 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 OCDE³¹, 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 CO₂-eq por kilogramo de leche³², respectivamente). Sin embargo, los sistemas lecheros mixtos en los países de la OCDE siguen representando 391 millones de toneladas de CO₂-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 CH₄, 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

³¹ 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.

³² 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 explotación³³ 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 CH₄ 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 la 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 CO₂-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-

³³ 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
Potencial de mitigación total (en millones de toneladas de CO ₂ -eq)	25 a 28	21 a 26	2 a 4	54 a 66
	(porcentaje)			
Porcentajes de las emisiones de referencia	24,8 a 27,7	11,2 a 13,6	11,2 a 17,4	13,8 a 16,8
... de las cuales:				
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 CO₂-eq en América del Norte y de 2,3 a 6,8 millones de toneladas de CO₂-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 CH₄ y la sustitución de energía varía del 3,9% en Oceanía al 17,1% en América del Norte.³⁴

6.6 POTENCIAL PARA INCREMENTOS DE PRODUCTIVIDAD

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

³⁴ 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
Producción (en millones de toneladas de LNGP o peso en canal)					
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
Emisiones (en millones de toneladas de CO₂-eq)					
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	
Intensidad de emisión (kg de CO₂-eq/kg de LNGP o peso en canal)					
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 adultas³⁵, 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).³⁶

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

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

³⁶ 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 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 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 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 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 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 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
Módulo del sistema			
Reducción de las emisiones de CH4 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	
Módulo del estiércol			
Porcentaje del estiércol tratado en digestores anaerobios	0 ¹	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).
Uso directo e indirecto de la energía en la granja			
Emissions from energy	NA	- 15	Basado en IEA (2008) – Escenario del Mapa AZUL.
Emisiones después de las operaciones en la granja			
Emissions from energy	NA	-15	Basado en IEA (2008) – Escenario del Mapa AZUL.

¹ 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.