

ESTUDIO SOBRE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR LÁCTEO



Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària

Torre Marimon
E-08140 Caldes de Montbui
Tel. +34 902 789 449
Fax +34 938 650 954
irta@irta.cat, www.irta.cat

Autores

Francesc Prenafeta (Coordinador)
Belén Fernández (Investigador)

Empresa

Contacto: Nuria María Arribas Vera (tel.: 91 782 57 26, ext. 2021)
Cargo: Directora Gerente
Razón social: INLAC – Organización Interprofesional Láctea. Calle de José Abascal, 44
1º planta 28003 Madrid
Página web: www.inlac.es
CIF: G-82520982

RESUMEN EJECUTIVO

La cuestión del efecto de la ganadería sobre el cambio climático es un tema recurrente en los medios públicos de comunicación, pero recientemente ha cobrado un renovado interés. Algunos de los mensajes lanzados adolecen de una falta de contextualización y análisis detallado, y proponen incluso soluciones poco fundamentadas que pueden empeorar la situación de un sector ya debilitado por la actual crisis de costes de producción que afectan a todos los eslabones de la cadena. El sector lácteo juega un papel fundamental a la hora de cubrir las necesidades alimenticias de la población con una materia prima que es fuente de proteína de calidad, y altamente transformable en una amplia gama de productos con un gran valor nutritivo, organoléptico y cultural. Además, la actividad económica del sector es eminentemente rural y contribuye al equilibrio territorial, ayudando a mitigar el fenómeno de la “España vaciada”.

En cuanto a su impacto ambiental, se estima que globalmente la producción de leche contribuye con un 3,3% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por causa principalmente de los procesos del sistema digestivo propio de los rumiantes y del manejo de las deyecciones ganaderas, así como por los consumos de fuentes de energía y materiales externos no renovables. Estas fuentes de GEI son comunes en todas las granjas, pero existe una gran variabilidad a nivel cuantitativo entre sistemas productivos, a nivel geográfico, en función de las prácticas de gestión y la dimensión y estructura productiva de la explotación.

Las emisiones de GEI generadas para producir una unidad de producto (p. ej. 1 litro de leche) han experimentado un descenso notable durante la última década. Este proceso de optimización se está produciendo globalmente, pero ha sido especialmente importante en los países desarrollados. El diseño de políticas ambientales efectivas, a la par de las mejoras debidas al mayor conocimiento y el empleo de nuevas tecnologías, han redundado en la implementación de una serie de buenas prácticas que integran la optimización productiva, el bienestar animal, y la minimización de las emisiones. En resumen, y de acuerdo con distintas fuentes bibliográficas consultadas para la elaboración del presente informe, se puede afirmar que:

- Si se compara con otras fuentes de proteína animal alternativas, la leche de vaca se clasifica entre los alimentos más eficientes desde la perspectiva de las emisiones de GEI.
- Estudios recientes sobre las emisiones de GEI asociadas a la producción de 1 litro de leche de vaca en España, indican que ésta se encuentra en el promedio de la Unión Europea.

Este informe aborda el papel del sector lácteo en el contexto del cambio climático desde una perspectiva objetiva y comprensible, en base a la información científica, técnica, y normativa disponible en la bibliografía. Para ello, el documento se estructura en ocho capítulos en los que se recogen los principales aspectos de la relación entre la producción láctea y el cambio climático, incluyendo los antecedentes históricos y el desarrollo de políticas para su mitigación (Capítulo 1); la legislación sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (Capítulo 2); la descripción de los principales gases (Capítulo 3) y su nivel de emisiones por parte del sector lácteo (Capítulo 4); así como las metodologías que se utilizan para su cuantificación (Capítulo 5). También se han recogido una serie de proyectos de investigación recientemente realizados sobre el cambio climático por parte del sector lácteo (Capítulo 6); y se resumen las buenas prácticas que se han desarrollado para reducir las emisiones (Capítulo 7). El estudio finaliza con un capítulo en el que se proponen una serie de conclusiones (Capítulo 8), y se cierra con un listado de las referencias bibliográficas consultadas en su elaboración (Capítulo 9).

1.	ANTECEDENTES, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS POLÍTICAS PARA SU MITIGACIÓN	6
1.1.	Marco histórico y cronología del Protocolo de Kioto	10
1.2.	Contenido del acuerdo y planes de acción estatales	15
1.3.	Implicaciones para la agricultura y la ganadería	19
2.	LEGISLACIÓN SOBRE LAS EMISIONES DE GEI.....	21
2.1.	El pacto verde europeo y otras iniciativas europeas sobre el cambio climático	24
2.2.	Normativas nacionales de referencia para la reducción de las emisiones de GEI	25
2.3.	Situación normativa actual en España y perspectiva de futuro	26
3.	LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO	31
3.1.	Definición de conceptos técnicos	32
3.2.	Puntos críticos en relación con la emisión de GEI en el sector	34
4.	LAS EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR LÁCTEO.....	36
4.1.	Distribución de emisiones GEI por región	38
4.2.	Distribución anual de emisiones GEI por gas y grupo de actividad	39
4.3.	Distribución de la huella de carbono por sector y actividad	41
4.4.	Situación en España.....	47
5.	METODOLOGÍAS PARA LA MEDIDA DE LOS GEI EN EL SECTOR LÁCTEO.....	55
5.1.	Estimación y/o medida de las emisiones de GEI	56
5.2.	Análisis del ciclo de vida	61
5.3.	Métodos de cálculo de la huella ambiental de producto	67
6.	PROYECTOS REALIZADOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO APLICABLES AL SECTOR LÁCTEO	70
6.1.	Gestión del ciclo de los nutrientes	71
6.2.	Cálculo de la huella de carbono	72
6.3.	Mejores técnicas disponibles	73
7.	BUENAS PRÁCTICAS/MÉTODOS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GEI	76
7.1.	Buenas prácticas a nivel de granja	78
7.2.	Buenas prácticas a nivel de la industria láctea de transformación	84
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
8.1.	El cambio climático y las políticas para su mitigación	101

8.2.	Legislación sobre las emisiones de GEI.....	101
8.3.	Los gases de efecto invernadero	102
8.4.	Las emisiones de GEI en el sector lácteo	102
8.5.	Metodologías para la medida de los GEI en el sector lácteo.....	104
8.6.	Proyectos realizados sobre cambio climático aplicables al sector lácteo	105
8.7.	Buenas prácticas/técnicas para reducir las emisiones de GEI	105
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
10.	APENDICE: LISTADO PROYECTOS DE I+D EN EL ÁMBITO DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA Y LOS GEI.....	111

ANTECEDENTES, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS POLÍTICAS PARA SU MITIGACIÓN

inLac[®]

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA



1. ANTECEDENTES, EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS POLÍTICAS PARA SU MITIGACIÓN

El cambio climático se define en sentido amplio como un **cambio significativo y duradero en la distribución estadística de los patrones meteorológicos**, durante períodos que pueden variar entre décadas hasta millones de años. Puede corresponder a un cambio en las condiciones climáticas promedio o en la distribución del clima alrededor de las condiciones promedio. Por tanto, el cambio climático consiste tanto el aumento progresivo de las temperaturas (**calentamiento global**) como los impactos de los patrones climáticos de la Tierra (**fenómenos climáticos extremos**). El cambio climático está causado por una multitud de factores que incluyen procesos oceánicos, bióticos, variaciones en la radiación solar incidente, la configuración de las placas tectónicas y las erupciones volcánicas, pero también por las alteraciones sobre la biosfera inducidas por el hombre. Esta última es la principal causa del cambio climático actual.

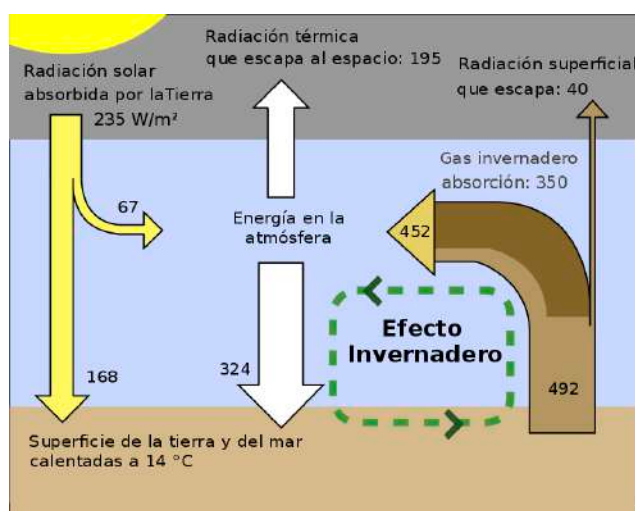


Figura 1.1. Representación esquemática de los flujos de energía entre el espacio, la atmósfera de la Tierra, y la superficie de la Tierra. Los intercambios de energía se expresan en vatios por medio cuadrado (W/m^2). Fuente: Wikimedia Commons, en base a Hansen (2005).

La causa principal del cambio climático actual es la emisión de **gases de efecto invernadero** (GEI), siendo el principal el **dióxido de carbono** (CO_2) procedente de la quema de combustibles fósiles, pero también el **metano** (CH_4) generado durante la descomposición anaerobia de la materia orgánica, y el **óxido nítrico** (N_2O) procedente en buena medida de la fertilización agronómica. Los GEI son transparentes a la luz solar incidente, pero absorben la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre (Figura 1.1). El calentamiento resultante de este desequilibrio se ve magnificado por otros fenómenos que se retroalimentan, como la disminución del albedo por causa de la **fusión de las superficies de hielo y nieve**, la **descomposición acelerada de la materia orgánica** retenida en el suelo, permafrost, y los océanos, y por el **aumento de los incendios forestales**. A su vez, el incremento global de temperaturas afecta gravemente a los ecosistemas más frágiles, ya de por sí sometidos a una elevada presión por la explotación humana, resultando en una importante **pérdida de la biodiversidad**. A nivel de las socioeconómico, la **subida del nivel del mar** y la mayor frecuencia de **fenómenos meteorológicos extremos** por causa del cambio climático provoca importantes **pérdidas económicas**, amenazando especialmente a los países más vulnerables a la **escasez de alimentos y agua**. La afectación sobre la productividad de los sistemas agrícolas puede forzar migraciones masivas que resultarán en crisis humanitarias

y conflictos geopolíticos de gran magnitud. Por todo esto, organizaciones como la OMS¹ y la FAO han reconocido al cambio climático como la mayor amenaza para el desarrollo, bienestar, y salud a nivel mundial para el siglo XXI.

Para una comprensión más detallada de la evolución histórica del reconocimiento y avances científicos relacionados con el cambio climático, se recomienda la lectura de diferentes monografías dedicadas a ello, como las de Brown (2001) o Maslin (2008), siendo esta última traducida al castellano. En resumen, las primeras propuestas sobre la existencia del cambio climático datan del siglo XIX, cuando se obtuvieron evidencias científicas de las glaciaciones y otros cambios naturales en el paleoclima, y se identificó por primera vez el efecto invernadero causado por algunos gases. Los estudios de científicos de prestigio como Joseph Fourier, Claude Pouillet, John Tyndall, y Svante Arrhenius, entre otros, sentaron las bases para entender el mecanismo del efecto invernadero y la influencia de las emisiones antropogénicas de GEI sobre el equilibrio energético y el clima de la Tierra. Las mejoras progresivas en las técnicas analíticas, la teledetección, y la computación permitieron el desarrollo de modelos matemáticos para la validación y predicción del cambio climático cada vez más precisos. Consecuentemente, a partir de finales de la década de los cincuenta la evidencia sobre los efectos del CO₂ sobre el calentamiento global fue cada vez más convincente, y la comunidad científica empezó a tomar consciencia que las emisiones de este gas podrían ser un problema para la estabilidad del clima.

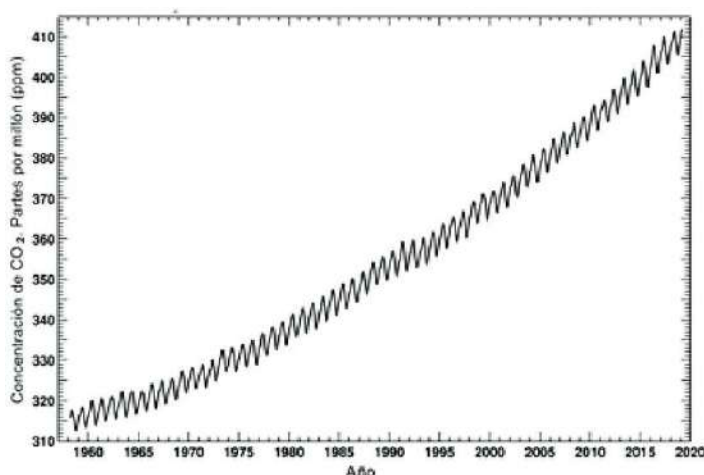


Figura 1.2. Curva de Keeling, sobre la evolución de la concentración del dióxido de carbono atmosférico. Fuente: Salas Castelo y Maldonado (2020).

Un estudio clave para el avance científico sobre el cambio climático fue el de Charles D. Keeling, financiado por el proyecto International Geophysical Year2, entre 1957 y 1958. El estudio de Keeling consistió en la medición continuada de la concentración de CO₂ en la atmósfera desde un observatorio en Hawaii. Esta serie de medidas se ha mantenido ininterrumpida hasta hoy, gracias a la continuación del proyecto por parte de Ralph Keeling (hijo de Charles). El gráfico de los datos resultantes se conoce como la **Curva de Keeling** (Figura 1.2), imagen que ha sido ampliamente divulgada por los medios de comunicación, más allá del ámbito científico. Esta serie de medidas muestra la tendencia al

¹ OMS (<https://www.who.int/home/cms-decommissioning>)

² Este proyecto de colaboración fue realizado bajo el auspicio del International Council for Science (ICSU) y marco el inicio de la colaboración científica entre los bloques de la guerra fría. En él participaron más de 30.000 científicos de 67 países.

incremento exponencial de la concentración de CO₂ en la atmósfera, pasando de los 315 ppm de CO₂ medidos en 1958 a los 410 ppm en el 2020. A pesar de la Guerra Fría y del temor a otro tipo de catástrofe global inmediata por un posible conflicto nuclear, los resultados de la ciencia climática emergente comenzaron a causar preocupación en determinados círculos socioeconómicos y gubernamentales. Un informe presentado en 1965 por parte del Panel de Contaminación Ambiental del Comité Asesor Científico del Presidente de los Estados Unidos, y apoyado por Charles Keeling (Revelle et al. 1965), incluía una sección que presentaba el CO₂ procedente de los combustibles fósiles como un “contaminante invisible que podría ser perjudicial desde el punto de vista de los seres humanos”.

En paralelo, a lo largo de las décadas de 1960 y 1970 se produjo un gran crecimiento del activismo ambiental. Es en esta época cuando nacen las principales ONGs en el ámbito de la sostenibilidad (p. ej. Greenpeace en 1971), que pronto se implicaron en la cuestión del cambio climático. El año 1968 se funda la organización no gubernamental conocida como el Club de Roma (en inglés Club of Rome) por parte de un pequeño grupo de científicos y políticos que compartían la preocupación por la sostenibilidad del planeta a largo plazo desde una visión interdisciplinar y holística. En 1972 publicaron el informe “Los límites al crecimiento” (en inglés *The Limits to Growth*) encargado al *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), en el que se mencionaba la problemática del cambio climático (Meadows et al. 1972). A pesar de las tesis neomaltusianas y posicionamiento en la política de bloques del Club de Roma, este informe marca el inicio de un movimiento que sería conocido como ecología política, e influenciaría otras corrientes político-filosóficas de corte ambientalista.

También en el 1972, se produjo la primera conferencia ambiental de la ONU que, aunque estuvo más enfocada en la caza de ballenas que en el clima, condujo al establecimiento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Este, a su vez, estableció el **Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)** en 1988. El IPCC se define como una organización intergubernamental de las Naciones Unidas cuya misión es la de proveer una opinión objetiva y basada en el consenso científico sobre el cambio climático, sus impactos y riesgos naturales, políticos y económicos y las opciones de respuesta posibles. Desde la década de 1990, la investigación científica sobre el cambio climático se ha expandido a múltiples disciplinas, ampliando la comprensión de las relaciones causales, los vínculos con los datos históricos, y la capacidad para medir y modelizar el cambio climático. La investigación durante este período se ha resumido en los informes de evaluación que el IPCC emite periódicamente (hasta la fecha ha elaborado cinco informes, durante los años 1990, 1995, 2001, 2007, 2014, y 2021). A partir de la publicación del tercer informe en el 2001, el IPCC se han dividido en tres Grupos de Trabajo: Base científica (Grupo I); Efectos, adaptación y vulnerabilidades (Grupo II); y Mitigación (Grupo III).

En su último informe de 2021, el IPCC ha estimado que **las actividades humanas ya han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C** con respecto a los niveles preindustriales y calcula que, si continúa aumentando la emisión de GEI al ritmo actual, **el calentamiento global llegará a 1,5 °C entre 2030 y 2050**. Si este escenario se cumple, tendrá efectos potencialmente dañinos en los ecosistemas, la biodiversidad, e incluso para la subsistencia de las personas en el planeta (Allan et al. 2021). Los efectos a largo plazo del calentamiento global incluirían un **aumento general del nivel del mar en todo el mundo**, lo que provocaría la inundación de las zonas costeras y la posible desaparición de algunos estados insulares; **el derretimiento de los glaciares, el hielo marino y el permafrost ártico**; un **aumento en el número de eventos extremos** relacionados con el clima, como inundaciones y sequías, y cambios en su distribución; y un mayor **riesgo de extinción del 20% al 30% de todas las especies de plantas y animales**.

Un estudio reciente publicado por un equipo internacional de científicos ha estimado que **el PIB mundial en el 2100 podría ser un 37 % más bajo** de lo que sería sin los impactos del calentamiento global, si se tienen en cuenta los efectos del cambio climático en el crecimiento económico (Kikstra et al. 2021). Sin tener en cuenta los daños duraderos,

excluidos de la mayoría de las estimaciones, el PIB sería alrededor de un 6% más bajo, lo que significa que los impactos en el crecimiento pueden aumentar los costos económicos del cambio climático por un factor de seis. La mayoría de los modelos actuales de estimación de costes se centran en los daños a corto plazo, asumiendo que el cambio climático no tiene un efecto duradero en el crecimiento económico, a pesar de la creciente evidencia de lo contrario. Es probable que eventos extremos como sequías, incendios, olas de calor y tormentas causen daños económicos a largo plazo debido a su impacto en la salud, infraestructuras, y la capacidad productiva.

Sin embargo, todavía existe una incertidumbre considerable sobre como los daños económicos del cambio climático afectarán el crecimiento a largo plazo, y hasta qué punto las sociedades podrán adaptarse para reducir estos daños. Dependiendo de cuánto se vea afectado el crecimiento, los costos económicos del calentamiento en este siglo podrían llegar hasta el 51% del PIB mundial. Las estimaciones previas del costo social del CO₂ emitido, expresado en dólares estadounidenses por tonelada, varían entre \$10 y \$1.000. Sin embargo, el estudio de Kikstra et al. (2021) sugiere que **el daño económico podría superior a \$3.000 por tonelada de CO₂ emitida**. A pesar de la incertidumbre de este parámetro, la cifra propuesta supera de largo el coste establecido por el Esquema de Comercio de Emisiones de la UE, que cubre la energía, la fabricación y la aviación, superó recientemente 61€ por tonelada de CO₂ por primera vez.

1.1. Marco histórico y cronología del Protocolo de Kioto

Como resultado de la preocupación creciente por las causas y consecuencias del cambio climático, el 9 de mayo de 1992 se lanzó en Nueva York la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**. Este tratado internacional fue firmado el 4 de junio de 1992 en Río de Janeiro, entrando en vigor el 21 de marzo de 1994. El objetivo de la misma es, entre otros, reforzar la conciencia pública a escala mundial de los problemas relacionados con el cambio climático. A día de hoy la CMNUCC ha sido ratificada por 197 países, que se denominan **Partes en la Convención**. Desde la adopción de la CMNUCC, se han ido celebrado anualmente las conocidas **Conferencias de las Partes (COP de las siglas en inglés de Conference of Parties)**, en las que se reúnen las Partes en la Convención para desarrollar los compromisos adquiridos y la negociación de nuevos acuerdos, intercalando actividades de grupos y personalidades del activismo ecológico, la cultura, la sociedad civil, etc. Desde la primera COP de 1995 en Berlín, se han celebrado 26 conferencias, siendo la última la de Glasgow en 2021 (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Resumen de las Conferencias de las Partes (Cumbres de la Tierra) organizadas en el ámbito del cambio climático.

Lugar	Año	Hechos y acuerdos relevantes
COP-1 Berlín, Alemania	1995	Se pusieron de manifiesto las preocupaciones sobre las capacidades de los países para cumplir con los compromisos en el marco del Órgano de Asesoramiento Científico y Tecnológico (BSTA) y el Órgano Subsidiario de Implementación (SBI). También se acordaron las "Actividades Implementadas Conjuntamente", las primeras medidas conjuntas en la acción climática internacional.
COP-2 Ginebra, Suiza	1996	Se produjo una declaración ministerial (pero no se adoptó) que reflejaba la posición escéptica de los EEUU.
COP-3 Kioto, Japón	1997	Se adoptó el Protocolo de Kioto de la CMNUCC, que contemplaba medidas concretas y jurídicamente vinculantes, comprometiendo a los estados adheridos a reducir las emisiones de GEI, de acuerdo con el consenso científico de que el calentamiento global es una realidad, y que sus principales causas se encuentran en las emisiones antropogénicas.
COP-4 Buenos Aires, Argentina	1998	Se esperaba que los temas restantes no resueltos en Kioto se finalizarían en esta reunión. Sin embargo, la complejidad y la dificultad de llegar a un acuerdo resultó insuperable pero, en cambio, las Partes adoptaron un "Plan de Acción" de dos años para avanzar y diseñar

Tabla 1.1. Resumen de las Conferencias de las Partes (Cumbres de la Tierra) organizadas en el ámbito del cambio climático.

Lugar	Año	Hechos y acuerdos relevantes
		mecanismos para implementar el Protocolo de Kioto.
COP-5 Bonn, Alemania	1999	Fue principalmente una reunión técnica, y no se llegó a conclusiones importantes.
COP-6 La Haya, Países Bajos	2000	En las negociaciones se produjo una gran controversia sobre la propuesta de los EEUU de permitir créditos para "sumideros" de carbono en bosques y tierras agrícolas que satisfarían una proporción importante de las reducciones de emisiones. También se produjeron desacuerdos sobre las consecuencias del incumplimiento de los objetivos de reducción. Hubo dificultades para resolver cómo los países en desarrollo podrían obtener asistencia financiera para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, y cumplir con sus obligaciones para medir y reducir las emisiones de GEI. En las horas finales de la COP-6, a pesar de algunos compromisos acordados entre los Estados Unidos y algunos países de la UE, en particular el Reino Unido, los países de la UE en su conjunto, encabezados por Dinamarca y Alemania, rechazaron las posiciones de compromiso y las conversaciones terminaron sin acuerdo, con la expectativa de que las negociaciones se reanudarían en Bonn (denominadas "COP-6 bis").
COP-7 Marrakech, Marruecos	2001	Los negociadores concluyeron el trabajo sobre el Plan de Acción de Buenos Aires, finalizando la mayoría de los detalles operativos y preparando el escenario para que las naciones ratificasen el Protocolo de Kioto. El paquete completo de decisiones se conoce como los Acuerdos de Marrakech. La delegación de EEUU mantuvo su rol de observador, declinando participar activamente en las negociaciones. Otras Partes continuaron expresando la esperanza de que los EEUU volviera a participar en el proceso en algún momento y trabajaron para lograr la ratificación del Protocolo de Kioto por el número necesario de países para que entrara en vigor (55 países necesitaban ratificarlo, incluidos los responsables del 55% de las emisiones de CO ₂ de los países desarrollados en 1990). La fecha de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (agosto-septiembre de 2002) se planteó como meta para la entrada en vigor del Protocolo de Kioto.
COP-8 Nueva Delhi, India	2002	Se adoptó la Declaración Ministerial de Delhi que, entre otras cosas, pedía esfuerzos por parte de los países desarrollados para transferir tecnología y minimizar el impacto del cambio climático en los países en desarrollo. También se aprobó el Programa de Trabajo de Nueva Delhi sobre el artículo 6 de la Convención. La COP-8 estuvo marcada por la vacilación de Rusia, afirmando que necesitaba más tiempo. Para cumplir el acuerdo de entrada en vigor del Protocolo de Kioto se debía contar con Rusia ya que EEUU y Australia se negaron a ratificarlo, con lo que se retrasó su puesta en marcha.
COP-9 Milán, Italia	2003	Las Partes acordaron utilizar el Fondo de Adaptación establecido en la COP-7 principalmente para ayudar a los países en desarrollo a adaptarse mejor al cambio climático. El Fondo también se utilizaría para la transferencia de tecnología. También se acordó revisar los primeros informes nacionales de emisiones presentados por 110 países.
COP-10 Buenos Aires, Argentina	2004	Se discutieron los avances logrados desde la primera COP hace 10 años y sus desafíos futuros, con especial énfasis en la mitigación y adaptación al cambio climático. Para promover que los países en desarrollo se adaptaran mejor al cambio climático, se adoptó el Plan de Acción de Buenos Aires. Las partes también comenzaron a discutir el mecanismo posterior a Kioto, sobre cómo asignar la obligación de reducción de emisiones después de 2012, cuando finalizaría el primer Período de Compromiso.
COP-11/CMP-1 Montreal, Canadá	2005	Fue la primera COP que actuó como reunión del Protocolo de Kioto, siendo una de las conferencias intergubernamentales sobre cambio climático más grandes de la historia. Con más de 10.000 delegados, el evento marcó la entrada en vigor del Protocolo de Kioto. El Plan de Acción de Montreal fue un acuerdo para alargar el Protocolo de Kioto más allá de su fecha de vencimiento de 2012, y negociar mayores reducciones en las emisiones de GEI para el periodo 2012-2018.
COP-12/CMP-2 Nairobi, Kenia	2006	Algunos medios fueron críticos con esta COP porque la mayoría de las discusiones evitaron mencionar la reducción de emisiones, y porque había una desconexión entre el proceso político y las evidencias científicas. A pesar de tales críticas, se lograron ciertos avances en el apoyo a los países en desarrollo. Las partes adoptaron un plan de trabajo de cinco años para apoyar la adaptación al cambio climático de los países en desarrollo y acordaron los procedimientos y modalidades para el Fondo de Adaptación.
COP-13/CMP-3 Bali, Indonesia	2007	Se logró un acuerdo sobre un cronograma y una negociación estructurada sobre el marco posterior a 2012 (el final del primer período de compromiso del Protocolo de Kioto) con la adopción del Plan de Acción de Bali (Decisión 1/CP.13). El Grupo de Trabajo Ad Hoc sobre

Tabla 1.1. Resumen de las Conferencias de las Partes (Cumbres de la Tierra) organizadas en el ámbito del cambio climático.

Lugar	Año	Hechos y acuerdos relevantes
		Acción Cooperativa a Largo Plazo bajo la Convención (AWG-LCA) se estableció como un nuevo órgano subsidiario para llevar a cabo las negociaciones destinadas a mejorar urgentemente la implementación de la Convención hasta 2012 y más allá. La Decisión 9/CP.13 es una modificación del programa de trabajo de Nueva Delhi. Estas negociaciones tuvieron lugar durante 2008 (que condujo a la COP 14/CMP 4 en Poznan, Polonia) y 2009 (que condujo a la COP 15/CMP 5 en Copenhague).
COP-14/CMP-4 Poznań, Polonia	2008	Se acordaron los principios para el financiamiento de un fondo de ayuda para las naciones más pobres a enfrentar los efectos del cambio climático y se aprobó un mecanismo para incorporar la protección forestal en los esfuerzos de la comunidad internacional para combatir el cambio climático. Las negociaciones sobre un sucesor del Protocolo de Kioto fueron el foco principal de la conferencia.
COP-15/CMP-5 Copenhague, Dinamarca	2009	El objetivo general de esta COP fue establecer un ambicioso acuerdo global sobre el clima después del Primer Periodo de Compromiso en 2012, cuando expira el período del Protocolo de Kioto. Sin embargo, el presidente de EEUU Obama y otros líderes mundiales decidieron posponer la difícil tarea de llegar a un compromiso sobre el cambio climático, acordando en su lugar que la misión de la conferencia de Copenhague era alcanzar un acuerdo "políticamente vinculante" menos específico.
COP-16/CMP-6 Cancún, México	2010	El principal resultado de la cumbre fue un acuerdo adoptado por los estados partes que pedían el "Fondo Verde para el Clima" (GCF) de US\$100 mil millones por año, y un "Centro Tecnológico para el Clima". Sin embargo, no se acordó la financiación del Fondo Verde para el Clima. Tampoco se acordó un compromiso de un segundo período del Protocolo de Kioto, pero se concluyó que el año base será 1990 y los potenciales de calentamiento global serán los proporcionados por el IPCC. Todas las partes "Reconocieron que el cambio climático representa una amenaza urgente y potencialmente irreversible para las sociedades humanas y el planeta, y por lo tanto requiere que todas las Partes lo aborden con urgencia".
COP-17/CMP-7 Durban, Suráfrica	2011	Se acordó iniciar negociaciones sobre un acuerdo legalmente vinculante que comprendiera a todos los países, que se adoptaría en 2015 y que regiría el período posterior a 2020. También se avanzó en la creación del GCF planteado en la COP-16, para el cual se definió un marco de gestión. No obstante, científicos y grupos ambientalistas advirtieron que el acuerdo no era suficiente para evitar el calentamiento global más allá de los 2°C, ya que se necesitan acciones más urgentes.
COP-18/CMP-8 Doha, Qatar	2012	La Conferencia produjo un paquete de documentos titulados colectivamente <i>The Doha Climate Gateway</i> . En él se sientan las bases para un acuerdo climático que asegure que el aumento de temperatura global no supere los 2°C, umbral a partir del cual existe un grave riesgo de desestabilización del sistema climático con consecuencias impredecibles. La conferencia avanzó poco hacia la financiación del GCF. Rusia, Bielorrusia y Ucrania presentaron objeciones en el informe final.
COP-19/CMP-9 Varsovia, Polonia	2013	La conferencia llevó al acuerdo que todos los Estados deberían eliminar las emisiones tan pronto como fuere posible, pero preferentemente para el primer trimestre del 2015. También se propuso el Mecanismo de Varsovia, que proporcionaría conocimiento, y probablemente ayuda, de las naciones desarrolladas para hacer frente a las pérdidas y los daños a partir de fenómenos climáticos extremos.
COP-20/CMP-10 Lima, Perú	2014	Se obtuvieron acuerdos en la presentación de planes nacionales y los compromisos cuantificables de reducción de GEI, y se aprobó el aporte de 10.200 millones de dólares al Fondo Verde para el Clima. Las Partes también se comprometieron a fortalecer políticas de sensibilización y educación sobre el medio ambiente. Paralelamente al evento se realizó la alternativa Cumbre de los Pueblos.
COP-21/CMP-11 París Francia	2015	Las negociaciones dieron como resultado la adopción del Acuerdo de París, que rige las medidas de reducción del cambio climático a partir de 2020. La adopción de este acuerdo puso fin al trabajo de la plataforma de Durban, establecida durante la COP-17. El acuerdo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. El 4 de octubre de 2016 y se incrementó el umbral de reducción para los países que representan al menos el 55 % de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo.
COP-22/CMP-12/CMA-1.1 Marrakech, Marruecos	2016	La conferencia incorporó la primera sesión de la primera reunión de las Partes para el Acuerdo de París (CMA-1.1). Un tema central en esta COP fue la escasez, el tratamiento, y la sostenibilidad relacionada con el agua, un problema importante en los países en desarrollo, en los que se incluyen muchos estados africanos. Otro tema central fue la necesidad de reducir las emisiones de GEI y utilizar fuentes de energía con una baja huella de carbono.

Tabla 1.1. Resumen de las Conferencias de las Partes (Cumbres de la Tierra) organizadas en el ámbito del cambio climático.

Lugar	Año	Hechos y acuerdos relevantes
COP-23/CMP-13/CMA-1.2 Bonn, Alemania	2017	El propósito de la conferencia fue discutir los detalles de cómo funcionará el Acuerdo de París después de su entrada en vigor en 2020. Aunque se centró principalmente en los detalles técnicos del Acuerdo de París, fue la primera COP que tuvo lugar después de que el presidente Donald Trump anunciara que EEUU se retiraría del acuerdo. La COP23 concluyó con lo que se denominó el “Impulso de Fiji para la Implementación”, que describió los pasos que debían tomarse en 2018 para que el Acuerdo de París fuese operativo, y además se lanzó el Diálogo de Talanoa, un proceso diseñado para ayudar a los países a mejorar e implementar sus “contribuciones determinadas a nivel nacional” para 2020.
COP-24/CMP-14/CMA-1.3 Katowice, Poland	2018	Tras la salida de los Estados Unidos del Acuerdo de París, China tomó un rol principal en la realización de las reuniones preparatorias para la conferencia. Polonia es el país que utiliza más carbón en Europa, especialmente para uso minero y eléctrico. La conferencia estableció reglas para la implementación del Acuerdo de París, que entraría en vigor en 2020.
COP-25/CMP-15/CMA-2 Madrid, España (Chile)	2019	Esta conferencia incluyó la segunda reunión de las Partes del Acuerdo de París (CMA-2). Se llevará a cabo bajo la Presidencia del Gobierno de Chile con el apoyo logístico del Gobierno de España. Se produjeron escasos avances. La llamada “cumbre de la ambición”, que tenía por lema “tiempo de actuar”, es la que más ha durado y movilizó a la sociedad civil, y con un seguimiento mediático nunca visto.
COP-26/CMP-16/CMA-3 Glasgow, Escocia	2021	Organizada bajo la copresidencia del Reino Unido e Italia, debía tener lugar del 9 al 19 de noviembre de 2020, pero se pospuso del 1 al 12 de noviembre de 2021 debido a la pandemia de COVID-19. Esta conferencia incluyó la tercera reunión de las Partes del Acuerdo de París (CMA-1.3).

Fuentes: <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-serving-as-the-meeting-of-the-parties-to-the-kyoto-protocol-cmp>; <https://www.downtoearth.org.in/climate-change/coplist>.



En diciembre de 1997, en la tercera COP, las Partes en la Convención acordaron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, o simplemente como **Protocolo de Kioto**, por la ciudad japonesa en la que fue adoptado. El Protocolo de Kioto contemplaba **medidas concretas y jurídicamente vinculantes**, comprometiéndolo a los estados adheridos a reducir las emisiones de GEI, de acuerdo con el consenso científico de que el calentamiento global es una realidad, y que sus principales causas se encuentran en las emisiones antropogénicas. En él se perseguía una disminución de las emisiones globales de GEI en un porcentaje cercano al 5% entre 2008 y 2012, en comparación a las emisiones a 1990, y sentar las bases para la concreción del compromiso de reducir las emisiones un 7% en la década siguiente, compromiso que habían alcanzado los países que se reunieron en Río cinco años antes. El Protocolo de Kioto entró en vigor en el 2005 y fue firmado por 150 países. Aquellos que no alcanzasen los objetivos de reducción, podrían compensarlo comprando derechos de emisión de GEI a otros países.

Un total de 36 países industrializados participaron plenamente en el primer período de compromiso cumplieron con el Protocolo (Países del Anexo I³), aceptando el compromiso vinculante de reducción de emisiones cuantificadas de GEI. Sin embargo, nueve países tuvieron que recurrir a los mecanismos de flexibilidad financiando reducciones de emisiones en otros países porque sus emisiones nacionales eran ligeramente superiores a sus objetivos. La crisis financiera de 2007-08 ayudó a reducir las emisiones de GEI, pero las mayores reducciones de emisiones se observaron en los países del antiguo bloque del Este por causa de la disolución de la Unión Soviética a principios de la década de 1990. Aunque los 36 países desarrollados redujeron sus emisiones, las emisiones globales aumentaron en un 32% entre 1990 y 2010.

La **Enmienda de Doha** fue una extensión al Protocolo de Kioto, que entró en vigor el 31 de diciembre de 2020. La Enmienda fue acordada en la decimoctava Conferencia de las Partes (COP-18) sobre cambio climático. Allí, se ratificó el segundo periodo de vigencia del Protocolo de Kioto, desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020, con el acuerdo de fijar una fecha de 2015 para la elaboración de un documento sucesor, que finalmente derivó en el Acuerdo de París. La duración de este segundo periodo del Protocolo fue de ocho años, con metas concretas para el horizonte de 2020. En la Enmienda de Doha, 37 países tenían objetivos vinculantes (Países del Anexo I). Sin embargo, este proceso obtuvo un débil compromiso de países industrializados, tales como Estados Unidos, Rusia, y Canadá, que decidieron no respaldar la prórroga. Por otra parte, Bielorrusia, Kazajistán y Ucrania amenazaron de retirarse del Protocolo de Kioto o decidir no poner legalmente en vigor la Enmienda con los objetivos de la segunda ronda. Japón, Nueva Zelanda y Rusia habían participado en la primera ronda de Kioto, pero no asumieron nuevos objetivos del Segundo Período de Compromiso. Otros países desarrollados sin objetivos para la segunda ronda fueron Canadá (que se retiró del Protocolo de Kioto en 2012) y Estados Unidos (que no lo ratificó). En octubre de 2020, 147 estados habían aceptado la Enmienda de Doha, con 12 países que realizaron declaraciones y reservas. La Enmienda entró en vigor el 31 de diciembre de 2020, tras su aceptación por el mínimo obligatorio de al menos 144 estados. De las Partes con compromisos vinculantes según el Anexo I del Protocolo de Kioto, 34 ratificaron la Enmienda de Doha. El resultado de las conversaciones de Doha recibió una respuesta mixta, con una fuerte crítica por parte de los pequeños estados insulares dada su vulnerabilidad al cambio climático.

³ Australia, la Unión Europea, Bielorrusia, Islandia, Kazajistán, Liechtenstein, Noruega, Suiza y Ucrania.

Los objetivos del Protocolo de Kioto han sido renovados en el actualmente vigente **Acuerdo de París**. A partir de la implementación del Protocolo de Kioto en la COP-11, la Conferencia de las Partes actuó como reunión de las Partes en el Protocolo de Kioto (CMP). A partir del 2014, la COP también incorporó las reuniones de las Partes del Acuerdo de París (CMA). A partir de 2021 se empezaron a aplicar las medidas del Acuerdo de París, con la finalidad de profundizar en la consecución de los objetivos de reducción de la emisión de los GEI. Adicionalmente, la Comisión Europea anunció que presentaría lo que denominó como **Pacto Verde Europeo** "con el objeto de hacer de Europa el primer continente neutro en carbono en 2050", formalizando además tal compromiso en una legislación específica.

En resumen, el Protocolo de Kioto y los acuerdos derivados de este han sido ampliamente aclamados como el tratado ambiental más importante jamás negociado y como un gran éxito diplomático, aunque algunos críticos hayan cuestionado su efectividad y conveniencia, ya sea por considerarlo poco ambicioso o, al contrario, por ser innecesario y acarrear un coste excesivo para la economía mundial.

1.2. Contenido del acuerdo y planes de acción estatales

El texto completo del tratado de la CMNUCC, el Protocolo de Kioto, y el Acuerdo de París pueden consultarse en su traducción al castellano en la propia web de la CMNUCC⁴. En este informe se presentan únicamente aquellos aspectos generales que se han considerado de interés. El objetivo principal de la CMNUCC es la "estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que detenga la peligrosa interferencia antropogénica en el sistema climático" (Artículo 2). En el Anexo I⁵ de la CMNUCC se especifican los países que se han adherido al tratado. El Protocolo de Kioto se aplica a los siete gases de efecto invernadero enumerados en el Anexo A: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y

⁴ Tratado de la CMNUCC: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>; Protocolo de Kioto: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>; Acuerdo de París: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

⁵ Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Bielorusia, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Croacia, Comunidad Económica Europea, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Liechtenstein, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Nueva Zelandia, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza, Turquía, y Ucrania.



hexafluoruro de azufre (SF₆), y trifluoruro de nitrógeno (NF₃). El Anexo A también estableció una clasificación de las emisiones de GEI en función de los distintos sectores de actividad (Tabla 1.2), conocida como nomenclatura CRF (*Common Reporting Format*) que es el formato adoptado para informar a los organismos internacionales sobre las emisiones de GEI.

Tabla 1.2. Clasificación de las categorías de emisión de GEI en función de los diferentes sectores económicos de actividad, según el Anexo A del Protocolo de Kyoto.

Sector	Categorías de fuentes	Subsector
Energía	Quema de combustible	Industrias de energía
		Industria manufacturera y construcción
		Transporte
		Otros sectores
		Otros
	Emisiones fugitivas de combustibles	Combustibles sólidos
		Petróleo y gas natural
		Otros
Procesos industriales	Productos minerales	
	Industria química	
	Producción de metales	
	Otra producción	
	Producción de halocarbonos y SF ₆	
	Consumo de halocarbonos y SF ₆	
	Otros	
Utilización de disolventes y otros productos		
Agricultura	Fermentación entérica	
	Aprovechamiento del estiércol	
	Cultivo del arroz	
	Suelos agrícolas	
	Quema prescrita de sabanas	
	Quema en el campo de residuos agrícolas	
	Otros	

El Protocolo de Kyoto establece una estructura de **períodos continuos de compromiso de reducción de emisiones de GEI**, el primero de los cuales fue de 2008 a 2012. A finales de 2012, las Partes del Anexo I que ratificaron el tratado debían cumplir con sus obligaciones de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero establecidas para el Primer Período de Compromiso del Protocolo de Kyoto. Estos compromisos de limitación de emisiones se enumeran en el Anexo B del Protocolo. Para cada uno de los diferentes GEI antropogénicos, se requirieron diferentes niveles de reducción de emisiones, en base a criterios técnicos, para alcanzar el objetivo de estabilizar las concentraciones atmosféricas de estos gases. Algunos de los principios básicos del Protocolo de Kyoto a los que se sometían las Partes del Anexo I fueron:

1. **Establecer compromisos vinculantes:** Aceptar los compromisos establecidos en el Protocolo de Kyoto e implementarlos con base jurídica.
2. **Implementar medidas específicas:** Preparar políticas y medidas para la reducción de GEI a nivel nacional. Aumentar la absorción de carbono el uso de los mecanismos de flexibilización establecidos, para ser compensados con créditos que permitieran compensar la cuota de emisiones domésticas de GEI.
3. **Minimizar los impactos en los países en desarrollo:** Establecer un fondo para financiar acciones de adaptación al cambio climático.
4. **Llevar a cabo una contabilidad de las emisiones y las medidas adoptadas:** Elaborar informes y revisiones de acuerdo con los criterios técnicos establecidos para garantizar la integridad del Protocolo.
5. **Verificar el cumplimiento de los compromisos:** Para ello se estableció un Comité de Cumplimiento independiente para asegurar que los compromisos del Protocolo se cumplieran.

El Protocolo de Kyoto se basa en el **principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas:** reconoce que los países tienen diferentes capacidades para combatir el cambio climático, debido al desarrollo económico, y por lo tanto estableció la obligación de reducir las emisiones actuales en los países desarrollados sobre la base de que históricamente son responsables en buena medida de los niveles actuales de GEI en la atmósfera. El Protocolo de Kyoto estableció tres **Mecanismos de Flexibilidad** para facilitar a los países del Anexo I la consecución de sus objetivos de reducción de emisiones de GEI. Estos mecanismos eran instrumentos de carácter complementario a las medidas y políticas internas, que constituyó la base fundamental para el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones de GEI asumidos por cada Parte al ratificar el Protocolo:

1. **Comercio Internacional de Emisiones (IET):** Permitía a los países participantes comprar y vender derechos de emisión y, por lo tanto, asignó un valor económico a las emisiones de gases de efecto invernadero. Los países europeos iniciaron un mercado de comercio de emisiones como un mecanismo para trabajar hacia el cumplimiento de sus compromisos bajo el Protocolo de Kyoto.
2. **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL):** Alentaba a los países desarrollados a invertir en tecnología e infraestructura en los países menos desarrollados, donde a menudo había oportunidades importantes para reducir las emisiones. Bajo el MDL, el país inversor podría reclamar la reducción efectiva de emisiones como un crédito para cumplir con sus obligaciones bajo el protocolo. Un ejemplo sería una inversión en una planta de energía de gas natural de combustión limpia para reemplazar una planta de carbón.
3. **Implementación Conjunta (JI):** Con esta medida, cualquier país del Anexo I puede invertir en proyectos de

reducción de emisiones (denominados "Proyectos de Implementación Conjunta") en cualquier otro país del Anexo I como alternativa a la reducción de emisiones internamente.

Los dos últimos, son los denominados **Mecanismos Basados en Proyectos**, debido a que las unidades de reducción de las emisiones resultan de la inversión en proyectos, adicionales ambientalmente, encaminados a reducir las emisiones de GEI de origen antropogénico, o a incrementar la absorción de carbono por sumideros forestales. Estos proyectos contribuyen a la consecución del Objetivo número 7 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la Organización de Naciones Unidas, así como la Meta 9 de dichos objetivos, que persigue "incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales, e invertir la pérdida de recursos del medio ambiente". Las unidades de reducción de emisiones procedentes de los Mecanismos Basados en Proyectos se denominan Reducciones Certificadas de Emisión (CER) o Unidades de Reducción de Emisiones (ERU), según provengan del MDL o del JI, respectivamente.

Para participar en los Mecanismos de flexibilidad, las Partes del Anexo I debían calcular su cantidad atribuida de emisiones, según se detalla en los Artículos 3.7 y 3.8 y el Anexo B del Protocolo en términos de toneladas de emisiones de CO₂ equivalente. También debían contar con un sistema nacional de estimación de emisiones y absorciones de GEI en su territorio, y de un registro nacional de las CER y las URE, teniendo que reportar anualmente dicha información a la CMUNCC.

A los países que no cumplieran con sus objetivos de emisiones se les exigiría compensar la diferencia entre sus emisiones objetivo y reales, más un monto de penalización del 30%, en el período de compromiso siguiente, a partir de 2012. También se les impediría participar en el comercio de derechos de emisión hasta que se juzgara que cumplieran con el Protocolo. Los objetivos de emisión para los períodos de compromiso posteriores a 2012 se establecerían en los subsiguientes tratados protocolos.

El **Acuerdo de París**, en su Artículo 2, manifiesta el objetivo general de "reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza", para lo cual determina tres acciones concretas:

1. **Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C** con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.
2. **Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático** y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos.
3. **Elevar la financiación de las medidas climáticas** a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de GEI.

A diferencia de su predecesor, el Protocolo de Kyoto, que establece metas de compromiso que tienen fuerza legal, el Acuerdo de París, con su énfasis en la construcción de consenso, permite metas voluntarias y determinadas a nivel nacional. Por lo tanto, los objetivos climáticos específicos se fomentan políticamente, en lugar de vincularse legalmente. Solo los procesos que rigen la presentación de informes y la revisión de estos objetivos son obligatorios en virtud del derecho internacional.

Otra diferencia clave entre el Acuerdo de París y el Protocolo de Kyoto son sus alcances. Si bien el Protocolo de Kyoto

diferenciaba los países en función de su inclusión o no en el Anexo I, esta división se difumina en el Acuerdo de París, ya que todas las partes deberán presentar planes de reducción de emisiones. Si bien el Acuerdo de París aún enfatiza el principio de "responsabilidad común pero diferenciada y capacidades respectivas" (entendido como el reconocimiento de que diferentes naciones tienen diferentes capacidades y deberes para la acción climática), no establece una división específica entre naciones desarrolladas y en desarrollo. Por lo tanto, los negociadores tendrán que seguir abordando este tema en futuras rondas de negociación, aunque la discusión sobre la diferenciación pueda adquirir una nueva dinámica.

El Acuerdo de París incorpora el reconocimiento de los derechos humanos y la perspectiva de género. A diferencia de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Acuerdo de París menciona explícitamente la perspectiva de género, como parte de los esfuerzos para avanzar hacia la transversalización de género, la justicia intergeneracional y el reconocimiento de las comunidades indígenas y vulnerables. El Acuerdo de París incorpora estas referencias no solamente en el contenido del acuerdo, sino en sus análisis, planes y perspectivas. El Acuerdo reconoce además el rol de las comunidades locales e indígenas y la necesidad de redoblar los esfuerzos dirigidos a esas comunidades, y la incorporación de la perspectiva de género intersectorial en los planes de adaptación y mitigación, en el artículo 7, inciso 5.

1.3. Implicaciones para la agricultura y la ganadería

La información adquirida gracias a los sucesivos inventarios de emisiones realizados en el marco del Protocolo de Kyoto ha permitido visualizar el peso y la evolución de la contribución del sector agrícola, y en particular del ganadero, como fuente de GEI. En este sentido, se estima que **la producción ganadera mundial contribuye en un 14,5% a las emisiones antropogénicas totales de GEI**, siendo los sistemas de producción lechera responsables de aproximadamente el 30% de estas emisiones: 2,1 gigatoneladas de CO₂-eq por año (Gerber et al. 2013b, Opio et al. 2013). Además, de acuerdo con el último informe elaborado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la asociación sectorial *Global Dairy Platform* (GDP), las emisiones globales de GEI del sector lácteo han aumentado un 18% entre 2005 y 2015 (FAO y GDP 2019). Este incremento se ha producido porque la producción total de leche en este mismo periodo ha crecido un 30 %, en respuesta a una mayor demanda de los consumidores. Las tendencias de las emisiones absolutas reflejan cambios en el número de animales, así como cambios en la eficiencia de la producción dentro del sector (ver la Sección 4).

Dada la importancia del impacto de la agricultura (incluyendo la producción vegetal y animal) sobre el cambio climático y los objetivos de reducción del Protocolo de Kyoto (y los acuerdos posteriores que derivan de él), se han desarrollado un conjunto de medidas legislativas específicas a nivel de la Unión Europea, nacional y regional para fomentar su mitigación. Además, esta cuestión se está convirtiendo en un tema cada vez más recurrente más allá de la comunidad científica, tanto en los medios de comunicación como en el debate público, surgiendo propuestas como la de disminuir el aporte de proteína animal en la dieta humana que pueden tener un gran impacto económico sobre el sector.

Tabla 1.3. Principales efectos del cambio climático sobre la ganadería. Fuente: Alibés et al. (2020)

-
- Afección del ganado por estrés térmico debido al incremento de las temperaturas máximas y al aumento del periodo en el que las máximas superan los umbrales de confort térmico de las distintas cabañas ganaderas.
-

-
- Mortalidad animal por incremento de situaciones de estrés térmico Merma de la producción ganadera por malestar animal y desajuste de las dietas que reducen la ingesta del ganado.
 - Reducción de la mortalidad neonatal de corderos, cabritos y terneros debido al incremento de la temperatura, que reduce las épocas de frío en la que la mortalidad neonatal es más importante.
 - Reducción de la disponibilidad de pastos por endurecimiento del régimen de sequías.
 - Reducción de la disponibilidad de pastos debido al aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias torrenciales que incrementan el poder erosivo pluvial.
 - Reducción de la capacidad de carga de los pastizales como consecuencia de la menor productividad de pastos.
 - Afección al sector del seguro ganadero debido al aumento del número de cabezas ganaderas afectadas por estrés calórico.
 - Aumento de los costes de producción con objeto de mantener en condiciones adecuadas de hidratación, ventilación y temperatura al ganado en explotaciones intensivas.
 - Reducción de la diversidad de especies ganaderas con dificultades para adaptarse de manera natural al cambio climático. A la larga esto puede desembocar en su extinción.
 - Cambio en los patrones de las plagas y las enfermedades debido a los cambios en el régimen de temperaturas y precipitación.
-

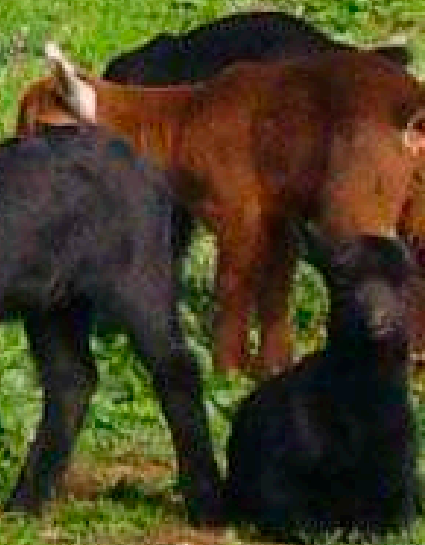
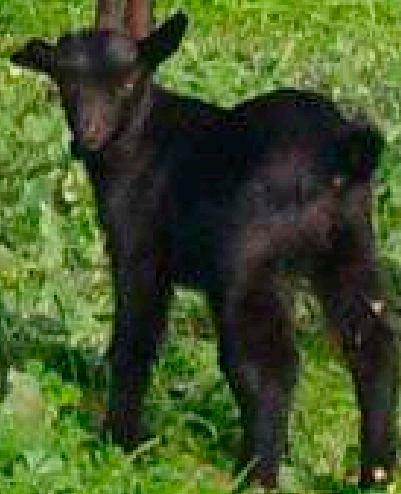
Por otra parte, los efectos del cambio climático son especialmente intensos para la ganadería, teniendo gran relevancia para el bienestar y la salud de los animales (Tabla 1.4). Además de ser un sector clave a nivel económico y en la seguridad alimentaria a escala global, la ganadería también se asocia al mantenimiento de las poblaciones rurales, evitando el fenómeno del éxodo rural, y con el proveimiento de ciertos servicios ecosistémicos que deben ser tenidos en cuenta cuando se haga una valoración de la sostenibilidad del sector.



LEGISLACIÓN SOBRE LAS EMISIONES DE GEI

inLac

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA



2. LEGISLACIÓN SOBRE LAS EMISIONES DE GEI

Según la nomenclatura definida en el protocolo de Kyoto, el sector agrario está incluido dentro del conjunto de los llamados **sectores difusos**⁶, que engloba a los sectores residenciales, del transporte, de residuos, de los gases fluorados e instalaciones industriales no sujetas al comercio de derechos de emisión. Prácticamente **la mitad de las emisiones del sector agrario están generadas por la ganadería** (fermentación entérica y ruminal y gestión de estiércoles), mientras que **la otra mitad está provocada por el uso de fertilizantes y la gestión de los suelos**. Para reducir las emisiones de GEI generados por la ganadería, a nivel estatal se debe tomar como referencia aquellas técnicas reconocidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), en sus líneas directrices para la elaboración de los inventarios de emisiones. Como en el caso del amoníaco (NH₃), para el que ya existe una reglamentación más avanzada, estas medidas serán de aplicación en todas las explotaciones ganaderas, y la intensidad de aplicación dependerá del grado de cumplimiento de objetivos y compromisos que se fijen para la reducción de GEI en la ganadería.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico⁷ de España ha reunido en un único portal el conjunto de Directrices y Reglamentos de la Unión Europea, que rigen los mecanismos establecidos por el Protocolo de Kyoto en relación con: (1) el establecimiento y regulación del régimen europeo de comercio de derechos de emisión, (2) la asignación gratuita de los objetivos de reducción para los periodos 2021-2030 y 2013-2020, (3) los Planes Nacionales de Asignación de los objetivos de reducción para el periodo 2008-2012, (4) el seguimiento y notificación de las emisiones y registros, y (5) la evaluación y cumplimiento de objetivos y medidas. Este marco internacional tiene su reflejo en el Reglamento (UE) 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima y complementado por el Reglamento Delegado (UE) 2020/1044 en lo que respecta a los valores de los potenciales de calentamiento global y las directrices para los inventarios de gases de efecto invernadero, y en lo que respecta al sistema de inventarios de la UE. También es de referencia para el sector agrícola la Decisión 529/2013/UE sobre normas contables aplicables a las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de actividades relativas al uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (LULUCF), y sobre la información relativa a las acciones relacionadas con dichas actividades también recoge la obligatoriedad de una contabilidad de las emisiones y absorciones de GEI resultantes de las actividades LULUCF. Con el objetivo de mejorar y actualizar dichas normas contables en el sector LULUCF, la Decisión 529/2013/UE fue modificada por el Reglamento (UE) 2018/841 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de GEI resultantes del uso de la tierra y la silvicultura en el marco de actuación en materia de clima y energía hasta 2030.

De forma más específica para el sector ganadero, los sistemas de producción intensiva de porcino, aves de puesta y aves de carne quedaron en su día bajo el ámbito de la norma ambiental más exigente de la Unión Europea, la Directiva de Emisiones Industriales: Directiva 2010/75/UE⁸ del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales, correspondiente a la antigua Directiva IPPC de Control Integrado de la Contaminación (que reemplaza la Directiva 2008/1/CE, válida hasta 2013). Estos sectores están afectados por los marcos y compromisos internacionales del Protocolo de Kyoto sobre emisiones de GEI y el Protocolo de Gotemburgo sobre

⁶ Descarga a la atmósfera no realizada por focos canalizados, continua o discontinua, de partículas o gases procedentes directa o indirectamente de cualquier fuente susceptible de producir contaminación atmosférica. Definición según el Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.

⁷ MITECO: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/documentacion-y-normativa/>

⁸ CE: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0075>

Emisiones a la atmósfera de carácter transfronterizo, como es el caso del NH₃.

Con la entrada en vigor de la Directiva 2010/75/UE, la Oficina Europea de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (EIPPCB) organizó y coordinó el intercambio de información que llevó a la elaboración y revisión de documentos sobre las **Mejores Técnicas Disponibles (MTD)** de referencia, de acuerdo con las disposiciones del Documento de Orientación (Decisión de Ejecución 2012/119/UE). Una MTD se define como “la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir la base de los valores límite de emisión y otras condiciones de la autorización destinadas a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente y la salud de las personas”. La EIPPCB es la encargada de elaborar los Documentos de Referencia sobre las MTD, denominados BREF (del inglés *best available techniques reference document*), y que son específicos para diferentes sectores de actividad. Los BREF son las principales referencias utilizadas por las autoridades competentes de los Estados miembros a la hora de emitir permisos para las instalaciones recogidos en ellos.

En el ámbito ganadero, después de un largo proceso de elaboración que se inició en 2012 con la publicación de un primer borrador, en el 2017 se publicó la versión final del **BREF para la Cría Intensiva de Aves de Corral y de Cerdos** (Santonja et al. 2017). Este documento describe las diferentes técnicas aplicadas a nivel de granja, las emisiones ambientales asociadas y los niveles de consumo de recursos. Define las técnicas disponibles, así como las conclusiones sobre su consideración como MTD y las técnicas emergentes. A partir de ella se ha aprobado la Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo respecto a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos (Algunos errores en el texto han sido corregidos según se detalla en el DOUE núm. 105, de 21 de abril de 2017, página 21). Las actividades afectadas están especificadas en la sección 6.6 del Anexo I de la mencionada Directiva, correspondiente a las explotaciones ganaderas con más de: 40.000 plazas para aves de corral, 2.000 plazas para cerdos de cebo (más de 30 kg), o 750 plazas para cerdas de maternidad. En el documento del BREF se cubren los siguientes procesos y actividades en la granja: (a) manejo nutricional de aves y cerdos; (b) preparación del pienso (molienda, mezcla y almacenamiento); (c) alojamiento de aves y cerdos; (d) recolección, almacenamiento, procesamiento y aplicación agronómica de las deyecciones; y (e) almacenamiento de animales muertos.

El mecanismo para la aprobación de las MTD se realiza mediante un intercambio de información entre los distintos agentes implicados: sector productivo, administraciones, e incluso ONGs medioambientales. La coordinación y redacción de estos trabajos la realiza el EIPPCB, organismo designado por la Comisión Europea dentro del Instituto de Prospectiva Tecnológica (IPTS) del *Joint Research Center (JRC)* cuya sede está en Sevilla. Es por este motivo que el sector afectado por la elaboración de un BREF debe ser especialmente proactivo a la hora de participar en este proceso de definición de las MTD. Estas técnicas se han evaluado siguiendo los más estrictos criterios científicos, valorándose tanto su repercusión sobre el medio ambiente, como sobre otras áreas de la producción, el bienestar o la sanidad ganadera, incluyendo los costes económicos de su implantación. No obstante, a día de hoy **no existe un documento BREF sobre las MTD aplicables para el sector de la producción de animales rumiantes**. Existen diferentes documentos con propuestas de MTD para este sector que han sido revisados en un informe previo en el que ha participado INLAC (Prenafeta-Boldú et al. 2021) pero, al contrario del sector porcino y avícola intensivos, no existe todavía un requerimiento legal en este sentido para los rumiantes.

2.1. El pacto verde europeo y otras iniciativas europeas sobre el cambio climático

Con el objetivo de afrontar los retos ambientales causados por el cambio climático, La Comisión Europea ha adoptado un programa como **Pacto Verde Europeo** (PVE; *Green Deal* en inglés) para adaptar las políticas de la UE en materia de clima, energía, transporte y fiscalidad con el fin de reducir las emisiones netas de GEI (Figura 2.1). Varios Estados miembros han instado a la Comisión a utilizar el PVE como palanca para la **recuperación económica post-pandemia**. El Parlamento Europeo pidió además potenciar la digitalización de la economía de la Unión para avanzar en el desarrollo del mercado único. En consecuencia, los principales grupos parlamentarios han reclamado un marco financiero plurianual (MFP) ambicioso, así como que el PVE sea central en el plan de recuperación y reconstrucción de la economía europea.

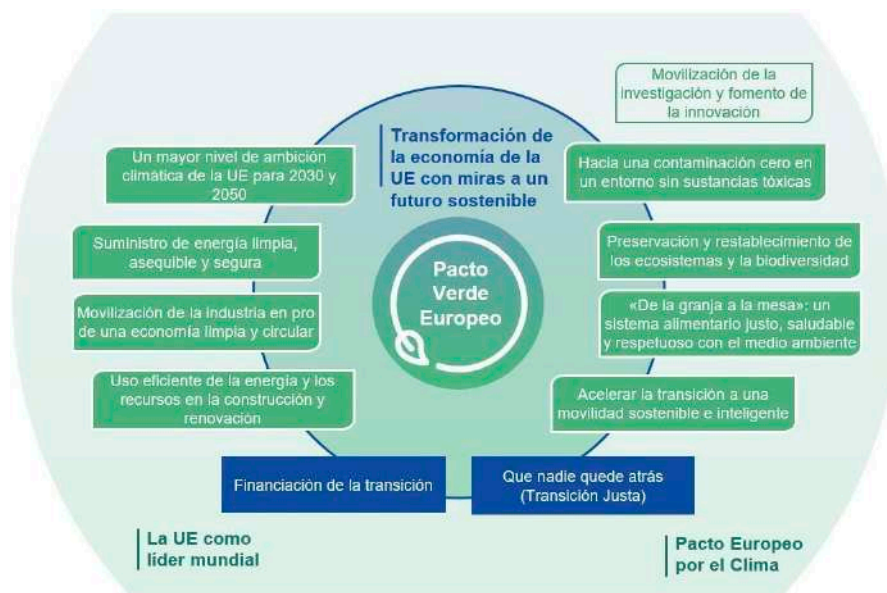


Figura 2.1. Representación esquemática de la estructura del Pacto Verde Europeo. Fuente: Comisión Europea.

Más que una iniciativa legislativa específica, el **PVE es una hoja de ruta para dotar a la Unión Europea de una economía sostenible**. Según la Comisión Europea, el pacto “establece cómo hacer de Europa el primer continente climáticamente neutro en 2050 impulsando la economía, mejorando la salud y la calidad de vida de los ciudadanos”. Se trata pues de dar una respuesta a una parte de la sociedad europea que demanda avances en la cuestión climática. Además, el PVE también comporta repercusiones geopolíticas a través de su impacto en la sostenibilidad energética de la UE, para disminuir su dependencia de los países productores de hidrocarburos, e influir en los patrones del comercio mundial a través del mecanismo de ajuste en frontera por emisiones de carbono (CBAM por sus siglas en inglés). Para ello, la Comisión Europea ha adoptado un conjunto de propuestas para adaptar las políticas de la Unión Europea en materia de clima, energía, transporte y fiscalidad con el fin de **reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55% de aquí a 2030**, en comparación con los niveles de 1990.

Durante la primavera de 2020, la Comisión presentó la Estrategia del PVE conocida como “**de la granja a la mesa**” (EGM; *farm to fork*), con el objetivo de entablar un amplio debate con todas las partes que conforman la cadena alimentaria para allanar el camino en la formulación de una política alimentaria más sostenible. La comunicación

publicada por la Comisión sobre el PVE, define al sector primario como fundamentales para gestionar esta transición⁹. La EGM también está estrechamente comprometida con la mitigación y adaptación al cambio climático, la protección del medio ambiente y la preservación de la biodiversidad. Las políticas agrícola y pesquera comunes seguirán siendo herramientas clave para apoyar estos esfuerzos, a la vez que garantizan un nivel de vida digno para los trabajadores del sector primario. Las propuestas de la Comisión para la política agrícola común para el período 2021-2027 establecen que, **al menos el 40% del presupuesto global de esa política contribuirá a la acción por el clima**.

La Comisión colaborará con el Parlamento Europeo y el Consejo para alcanzar como mínimo este nivel de ambición en las propuestas. Dado que el comienzo de la política agrícola común (PAC) revisada se retrasa hasta el 2022, la Comisión trabajará con los Estados miembros y las partes interesadas para garantizar que, desde el principio, los planes estratégicos nacionales para la agricultura reflejen plenamente la ambición del PVE y de la EGM. La Comisión velará por que estos planes estratégicos sean evaluados con arreglo a criterios sólidos en materia de clima y medio ambiente. Estos planes deben conducir a la **utilización de prácticas sostenibles**, como la **agricultura de precisión**, la **agricultura ecológica**, la **agroecología**, la **agrosilvicultura** y unas normas más estrictas en materia de **bienestar de los animales**. Al desplazar el centro de atención desde el cumplimiento al rendimiento, medidas tales como los regímenes ecológicos recompensarán a los agricultores por un mejor comportamiento medioambiental y climático, incluidos la **gestión y almacenamiento del carbono en el suelo**, y la **mejora de la gestión de nutrientes para aumentar la calidad del agua y reducir las emisiones**.

Los planes estratégicos deberán reflejar un mayor nivel de ambición para **reducir notablemente el uso de plaguicidas químicos** y su riesgo, así como **el uso de abonos y antibióticos**. La Comisión identificará las medidas, incluso de carácter legislativo, que sean necesarias para hacer posible estas reducciones, sobre la base de un diálogo con las partes interesadas. La superficie dedicada a la agricultura y ganadería ecológica en Europa también tendrá que aumentar. La UE necesita desarrollar vías innovadoras para proteger las cosechas de plagas y enfermedades y considerar el papel potencial de las nuevas técnicas innovadoras para mejorar la sostenibilidad del sistema alimentario, garantizando al mismo tiempo que sean seguras.

La EGM también contribuirá a lograr una **economía circular**. Su objetivo será reducir el impacto medioambiental del sector de la transformación alimentaria y del sector minorista tomando medidas en materia de transporte, almacenamiento, envasado y residuos alimentarios. Habrá acciones para combatir el fraude alimentario, entre otras, medidas que refuercen la capacidad de investigación y de garantía del cumplimiento de la legislación a nivel de la UE, y medidas para iniciar un proceso de identificación de nuevos piensos y productos alimentarios innovadores.

Por último, la EGM tendrá por objetivo **estimular el consumo de alimentos sostenibles** y fomentar una alimentación saludable y abordable para todos. No se autorizarán en los mercados de la UE alimentos importados que no cumplan las normas medioambientales de la UE pertinentes. La Comisión propondrá medidas para ayudar a los consumidores a elegir una alimentación saludable y sostenible y a reducir el despilfarro de alimentos. La Comisión examinará nuevos medios para informar mejor a los consumidores, entre otros, medios digitales, sobre aspectos como el origen de los alimentos, su valor nutricional y su huella medioambiental.

2.2. Normativas nacionales de referencia para la reducción de las emisiones de GEI

El marco normativo español que regula la monitorización y control de las emisiones de GEI resulta fundamentalmente

⁹ CE: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=ES>

de la transposición de las leyes de la Unión Europea. El Sistema Español de Inventario se establece en la Ley 34/2007 de calidad del aire y protección de la atmósfera y se desarrolla su funcionamiento en el Real Decreto 818/2018 que asigna a la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico el papel de autoridad competente del Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera (SEI). El Inventario de Emisiones a la Atmósfera está incluido en el Plan Estadístico Nacional 2021-2024. El Sistema Español de Inventario (SEI) tiene la responsabilidad de calcular el total de emisiones de cada uno de los contaminantes citados, para cada una de las categorías y actividades ganaderas consideradas por la normativa internacional y de la UE. Estas emisiones deben ser estimadas de acuerdo con directrices establecidas por el IPCC y el Programa Europeo de Evaluación y Control Ambiental (EMEP/EEA).

La Subdirección General de Medios de Producción Ganadera es el Punto Focal informativo de determinados aspectos de las actividades ganaderas dentro del SEI. Por ello, es responsable de la elaboración de las guías metodológicas para la determinación del balance de nitrógeno y fósforo de las especies animales que conforman la ganadería española, que proporcionan una información completa y detallada para satisfacer las necesidades del SEI y del BNAE. La metodología desarrollada satisface los requisitos establecidos en las últimas ediciones de las guías IPCC (2006) y EMEP/EEA (2013), permitiendo la estimación de las emisiones de NH₃, NO, NO₂, N₂O, CH₄, COVNM, así como la materia particulada (PM_{2,5}, PM₁₀ y TSP) con un nivel de complejidad avanzado (Tier 2; ver el capítulo 5 sobre aspectos metodológicos).

Los compromisos nacionales de reducción de las emisiones de GEI se definen en el Reglamento (UE) 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 525/2013. Estos objetivos están a su vez alineados con las Conclusiones del Consejo Europeo (23 y 24 de octubre de 2014) sobre el marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030.

También deben tenerse en cuenta la Directiva (UE) 2016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de diciembre de 2016 relativa, a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante el Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos; la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación) transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante el Real Decreto 815/2013 de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, y por el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, aprobado mediante Real Decreto Legislativo 1/2016 de 16 de diciembre; la Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo respecto a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos; y el Reglamento (CE) nº 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE del Consejo.

2.3. Situación normativa actual en España y perspectiva de futuro

Como se ha visto en el apartado anterior, la normativa española en el ámbito de los GEI resulta en buena medida de la transposición de las leyes europeas. Este marco normativo tiene la finalidad de proveer al sector ganadero y a las

autoridades competentes de un soporte a nivel nacional que facilite el cálculo, el seguimiento y la notificación de las emisiones de cada granja, para monitorizar el alcance de las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero, y el uso eficiente de los recursos naturales. En este sentido, cabe destacar la reciente Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, que tiene por objeto asegurar el cumplimiento, por parte de España, de los objetivos del Acuerdo de París; facilitar la descarbonización de la economía española, su transición a un modelo circular, de modo que se garantice el uso racional y solidario de los recursos. También debe promover la adaptación a los impactos del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible que genere empleo de calidad, y que contribuya a la reducción de las desigualdades.

La Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, tiene por objeto establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el fin de evitar y cuando esto no sea posible, aminorar los daños que puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. En su artículo 5, esta Ley atribuye a la Administración General del Estado la competencia para elaborar y actualizar periódicamente los inventarios españoles de emisiones; así como realizar la evaluación, el seguimiento y la recopilación de la información técnica sobre la contaminación de fondo para el cumplimiento de las obligaciones derivadas de Convenios u otro tipo de compromisos internacionales sobre contaminación transfronteriza. El SEI se desarrolla en el artículo 10 del Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos.



Otras normativas relevantes son el Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación; el Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas; y el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, que crea un mecanismo voluntario en el que las organizaciones españolas pueden inscribir sus huellas de carbono y planes de reducción, demostrar las reducciones alcanzadas e incluso compensar parte o toda su huella con absorciones generadas en territorio nacional. Los cálculos de las emisiones de proceso deben ser respaldadas por un certificado de verificación emitido por entidades acreditadas, salvo en el caso de que exista un sistema de cálculo simplificado reconocido por la Oficina Española de Cambio Climático.

En el caso del sector porcino, existe el Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas intensivas, y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo, incorpora, en el ámbito de la contaminación atmosférica, un programa de reducción de emisiones, aplicable a todas las granjas a partir de una dimensión media, a través de la aplicación obligatoria de las MTD, tal y como se definen en el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación. Dichas MTD han sido establecidas en base a las descritas en la Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión de 15 de febrero de 2017. Asimismo, también se incorporan medidas para cumplir con los compromisos nacionales de reducción de emisiones de amoníaco establecidos en el Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, y con los objetivos climáticos de España recogidos en el Reglamento (UE) 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima.

El artículo 11 del citado Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, crea el Registro General de MTD, que será gestionado por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



Dicho Registro General de MTD en explotaciones ganaderas constituye un instrumento para garantizar el cumplimiento de los programas de reducción de emisiones que establecen las normativas de ordenación en los distintos sectores ganaderos, fomentar la mejora del comportamiento medioambiental de las granjas, así como para seguir la evolución de la situación, demostrar los avances en la reducción de la contaminación y la lucha contra el cambio climático, y corroborar el grado de cumplimiento de los acuerdos internacionales adquiridos por España en materia medioambiental y climática.

El soporte a nivel nacional para el cálculo, seguimiento y la notificación de las emisiones en ganadería se materializa mediante el sistema informatizado ECOGAN¹⁰. Este sistema informatizado, desarrollado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en coordinación con el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, permite estimar las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero y el consumo de recursos de una granja concreta a lo largo del proceso productivo, teniendo en cuenta las técnicas y procedimientos utilizados en la alimentación de los animales, en el diseño y manejo de los alojamientos, así como en el almacenamiento y gestión de los estiércoles y purines producidos. Las estimaciones de dichas emisiones se realizan de acuerdo con directrices actualizadas establecidas por el IPCC y el EMEP/EEA, y otras instituciones con competencia en la materia, permitiendo la estimación de las emisiones de amoníaco, metano y óxidos de nitrógeno con un nivel de complejidad avanzado, de tal manera que sean compatibles con el Sistema Español de Inventario y Proyecciones que se establece mediante la citada Ley 34/2007 y cuyo funcionamiento se desarrolla en el citado Real Decreto 818/2018, de 6 de julio.

Además de establecer la estructura y contenidos básicos del Registro General de MTD en explotaciones ganaderas, el real decreto anterior establece las obligaciones de los titulares de las granjas, la información que debe proporcionar cada granja, así como la relación de la información proporcionada con otras obligaciones medioambientales de los titulares. Todos los requisitos relativos al suministro de información y datos establecidos en el presente real decreto respetan las normas sobre protección de datos y sobre confidencialidad comercial y de los intereses económicos de los operadores comerciales. Por otro lado, es necesario desarrollar algunas de las funciones en materia medio ambiental de la Mesa de ordenación de los sectores ganaderos, contempladas en el artículo 18 del Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero. En la elaboración de este real decreto han sido consultadas las comunidades autónomas y los sectores afectados. Esta norma se adecua a los principios de buena regulación, previstos en el artículo 129.1 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

Finalmente, cabe destacar que existe un proyecto de Real Decreto, por el que se regula el registro general de mejores técnicas disponibles en explotaciones ganaderas y el soporte para el cálculo, seguimiento y la notificación de las emisiones en ganadería. Los objetivos que se detallan en el borrador del mismo son:

1. Estructurar el Registro General de las MTD en Explotaciones ganaderas, creado en el Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas, detallar los datos necesarios para su cumplimentación y establecer los mecanismos de comunicación entre los titulares de las granjas, las Comunidades Autónomas y la Administración General del Estado.
2. Establecer un procedimiento armonizado de recopilación, cálculo y transmisión de datos, que garantice su calidad, homogeneidad y comparabilidad, a través de un sistema informatizado (ECOGAN).
3. Establecer un sistema de coordinación y seguimiento a través de las correspondientes Mesas de ordenación de los sectores ganaderos.

¹⁰ ECOGAN (<https://servicio.mapa.gob.es/ecogan/Publica/InicioMurcia.aspx>)

Tal como se puede concluir, el marco normativo en relación con la regulación de las MTD se encuentra bastante consolidado para el sector de la producción intensiva del cerdo de cebo y las aves de corral. No obstante, para la producción de animales rumiantes, todavía no se ha publicado un documento de referencia sobre las MTD aplicables en este sector, motivo por el cual todavía existen bastantes vacíos en la regulación de las emisiones de GEI en el ámbito de la ganadería de producción láctica.



LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

inlac

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA



3. LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

Un gas de efecto invernadero (GEI) es aquel que **absorbe energía radiante en el rango visible del espectro y la reemite dentro del rango del infrarrojo** térmico, provocando un aumento de la temperatura del medio circundante (efecto invernadero). Los principales GEI en la atmósfera terrestre son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y que, en un día despejado, contribuyen al efecto invernadero en aproximadamente un 60% el H₂O, 25% el CO₂ y un 8% el resto de gases traza (Karl y Trenberth 2003). Según la NASA, sin los GEI la temperatura promedio de la superficie de la Tierra sería aproximadamente de -18 °C, en lugar del promedio actual de 15 °C, con lo que la habitabilidad del planeta se vería seriamente comprometida (Ma y Tipping 1998).

Sin embargo, las actividades humanas desde el comienzo de la Revolución Industrial en el siglo XVII han aumentado la concentración atmosférica del CO₂ en casi un 50 %, de 280 ppm en 1750 a 419 ppm en 2021, debiéndose fundamentalmente a la quema de combustibles fósiles. Esta tendencia creciente del CO₂ atmosférico se ha podido verificar en gran detalle desde 1958 (ver la curva de Keeling de la Figura 1.1), pero también se observa para el CH₄ y el N₂O, así como para los compuestos hexafluorados (Figura 3.1). Este incremento debido a la actividad humana es lo que se denomina **emisiones antropogénicas de GEI**.

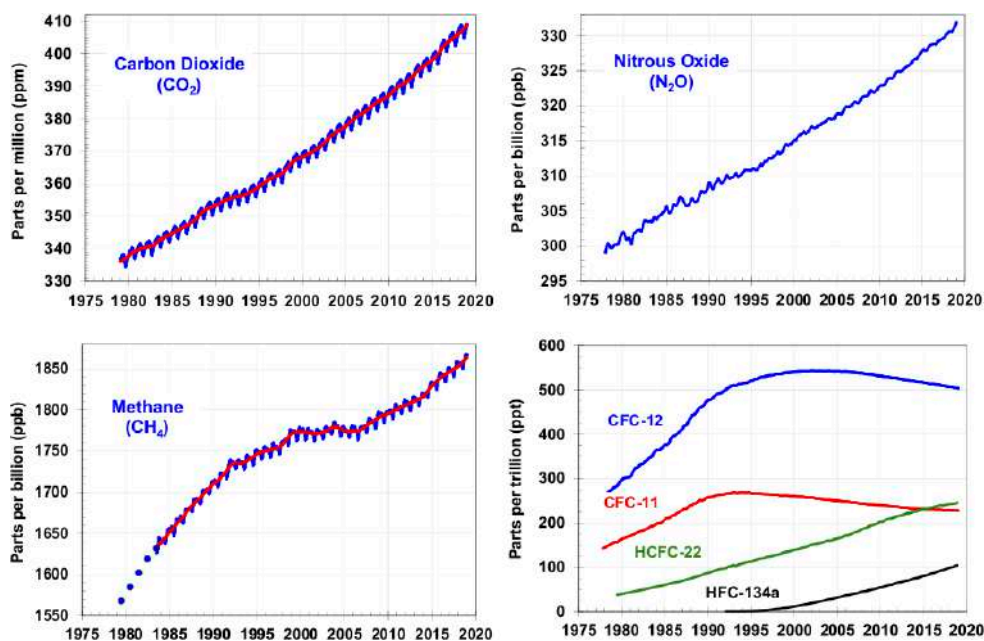


Figura 3.1. Evolución de la concentración atmosférica de los GEI vinculados a las emisiones de origen antropogénico. Fuente: NOAA (<https://gml.noaa.gov/aggi/>).

3.1. Definición de conceptos técnicos

La contribución de cada GEI está determinada por las características de cada gas en cuestión, su concentración en la atmósfera, su vida media, y otros efectos indirectos que pueda causar. A modo de ejemplo, el efecto radiativo directo de una masa de CH₄ es aproximadamente 84 veces más fuerte que la misma masa de CO₂, pero el primero está

presente en concentraciones mucho más pequeñas que el segundo, en parte debido a su vida atmosférica más corta. Por otro lado, además de su impacto radiativo directo, el CH₄ tiene un gran efecto radiativo indirecto porque contribuye a la formación de ozono (O₃). Por este motivo, ha sido necesario definir una nueva medida que permita expresar la contribución al calentamiento global de los diferentes gases en las mismas unidades. Esta unidad se conoce como **potencial de calentamiento global (GWP)**, que depende tanto de la eficiencia de la molécula como causante de efecto invernadero (eficiencia radiativa) como de su vida media en la atmósfera. El GWP se mide en relación con la misma masa de CO₂, al que se le atribuye un valor de referencia GWP=1, y se evalúa para una escala de tiempo específica para compensar el efecto en función de la vida media. Por lo tanto, si un gas tiene una elevada eficiencia radiativa pero también una vida media corta, podrá tender un GWP elevado a una escala de 20 años pero pequeño a una escala de 500 años. Los valores de GWP validados por el IPCC se resumen en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Tiempo de vida atmosférico y GWP en relación con el CO₂ en diferentes horizontes temporales para los GEI con fuentes de emisión de origen antropogénico. Fuente: Myhre et al. (2013).

Nombre	Fórmula química	Vida media (años)	Eficiencia radiativa (Wm ⁻² ppb ⁻¹)	Potencial de calentamiento global (GWP)		
				20 años	100 años	500 años
Dióxido de carbono	CO ₂	∞ ^a	1,37×10 ⁻⁵	1	1	1
Metano	CH ₄	12	3,63×10 ⁻⁴	84	28	7.6
Óxido nitroso	N ₂ O	121	3,00×10 ⁻³	264	265	153
CFC-12	CCl ₂ F ₂	100	0,32	10.800	10.200	5.200
HCFC-22	CHClF ₂	12	0,21	5.280	1.760	549
Tetrafluorometano	CF ₄	50.000	0,09	4.880	6.630	11.200
Hexafluoroetano	C ₂ F ₆	10.000	0,25	8.210	11.100	18.200
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	3.200	0,57	17.500	23.500	32.600
Trifluoruro de nitrógeno	NF ₃	500	0,20	12.800	16.100	20.700

^aEscala geológica, ilimitada a efectos prácticos en este caso.

A partir de los valores de GWP, se puede calcular la **masa equivalente de CO₂** (CO₂-eq) como medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios GEI sobre una misma base, al convertir cantidades de otros gases a la cantidad equivalente de CO₂. Por ejemplo, si el GWP en el horizonte de un siglo para el CH₄ es 28 y para el N₂O es 265, significa que las emisiones de 1 millón de toneladas métricas de CH₄ y N₂O, respectivamente, equivalen a emisiones de 25 y 298 millones de toneladas métricas de CO₂-eq. Esta nueva unidad armonizada permite sumar las emisiones de distintos GEI y expresarlos globalmente como un único valor, simplificando enormemente los estudios de evaluación de impactos.

Los principales **GEI antropogénicos en el sector agrícola** en general son el CO₂, el CH₄, y el N₂O, ordenados por valor creciente de su GWP. Los GEI fluorinados se caracterizan por un GWP mucho más elevados que los anteriores (Tabla

3.1), pero se utilizan fundamentalmente en procesos industriales relativamente específicos, como refrigerantes, para la síntesis química, o en la manufactura de componentes electrónicos. La gran mayoría de estudios sobre cambio climático en el sector agrícola no consideran los compuestos fluorinados por el mínimo uso que tienen en este ámbito.

Es importante entender también el concepto de **intensidad de las emisiones de GEI**, como el conjunto de las emisiones de GEI en términos de CO₂ equivalente (CO₂-eq), generadas por causa de un conjunto de procesos relacionados con la obtención de un producto, definido como **unidad funcional**. Cuando el análisis de la intensidad de las emisiones de GEI abarca el ciclo completo del producto, “desde su manufactura hasta su eliminación” (en inglés *from cradle to grave*) con el objetivo de reflejar la totalidad de GEI emitidos durante su ciclo de vida completo, también se habla de **huella de carbono**. Sin embargo, muchos estudios sobre las emisiones abarcan lo que se conoce como “de la cuna a la puerta” (*from cradle to gate*), es decir, no consideran un ciclo de vida completo centrándose en una parte de la cadena de valor, generalmente a nivel de la explotación ganadera. En ambos casos, a efectos de los trabajos recogidos en el presente informe, la unidad funcional considerada en algunos derivan de la cantidad (masa-kg o volumen-L) de leche producida. Este enfoque es satisfactorio para identificar puntos críticos del sistema y evaluar métodos de producción alternativos, pero no captura adecuadamente la calidad de la leche, que puede variar entre granjas y con el tiempo.

Para compensar las limitaciones de la unidad funcional simple (1 kg o 1L de leche cruda), se han desarrollado dos unidades funcionales que consideran el contenido de grasa y proteína: el de la leche corregida por energía (ECM), y la leche corregida por grasa y proteína (FPCM). Ambos métodos ajustan la cantidad de leche a la necesaria para aportar la misma energía (3,14 MJ/kg) que la leche de composición estandarizada (4% grasa y 3,3% proteína). Si bien existe cierta confusión entre las distintas unidades funcionales de la leche (ECM y FPCM), parece ser que las diferencias entre resultados con unidades distintas suelen ser pequeñas, alrededor del 1%. La cuestión de los pros y contras de las diferentes unidades funcionales para la leche ha sido recientemente revisada y debatida por Rice et al. (2019).

3.2. Puntos críticos en relación con la emisión de GEI en el sector

De todos los GEI de origen antropogénico sometidos al Protocolo de Kyoto y acuerdos sucesivos (Tabla 1.2), los únicos que son relevantes para el sector agrícola son CO₂, CH₄, y N₂O. El **dióxido de carbono** (CO₂) se genera en procesos oxidativos de la materia orgánica, ya sea por su **combustión química** o por el **metabolismo biológico** (respiración aerobia). Por tanto, la principal contribución de este GEI se considera cuando procede del consumo energético obtenido a partir de combustibles fósiles (petróleo, carbón, y gas natural), pero también cuando sumideros biológicos de carbono son alterados por incendios (bosques) o la descomposición microbiana (materia orgánica del suelo). El **metano** (CH₄) se genera por la acción de unos microorganismos procariotas conocidos como **arqueas metanogénicas**. Estos microorganismos se desarrollan en ambientes anaerobios, participando en la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Las arqueas metanogénicas son particularmente abundantes en ambientes como el rumen, las deyecciones ganaderas, y en el suelo de campos inundados como es el caso de los arrozales. Finalmente, el **óxido nitroso** (N₂O) se asocia principalmente a la acción de las bacterias desnitrificantes, propias de ambientes relativamente ricos en nitrógeno que se encuentran sometidos a condiciones fluctuantes aerobias y anaerobias, como es el caso de ciertas prácticas las que se someten las deyecciones ganaderas y la fertilización de los suelos agrícolas.

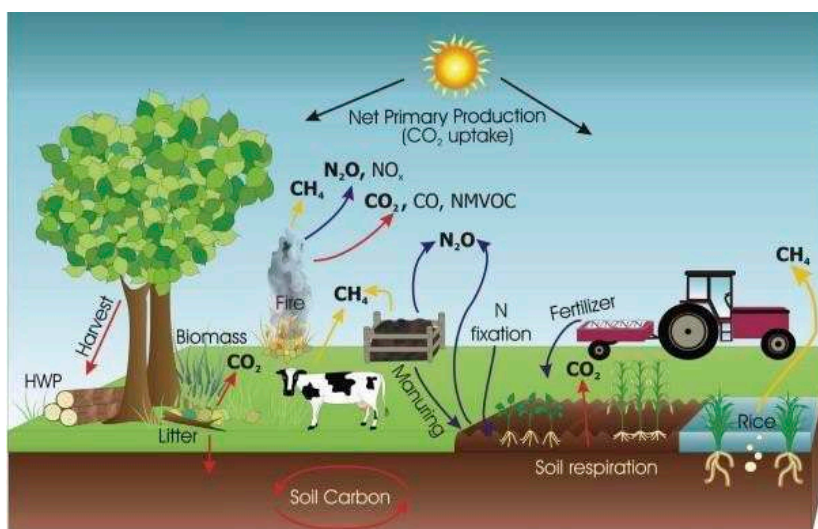


Figura 3.1. Representación esquemática de los principales procesos relacionados con las emisiones de GEI del sector agrícola (CO₂, CH₄, y N₂O): emisiones entéricas, gestión de las deyecciones, fertilización, descomposición de la materia orgánica, quema de biomasa, cultivo del arroz; y con el secuestro del carbono: fijación en la biomasa y secuestro en la materia orgánica del suelo.

El CH₄ procedente de la fermentación entérica es la mayor fuente de emisiones de GEI en la producción de rumiantes, que representa entre el 47% y el 58,5%, según la fuente, de las emisiones del sector y más del 90% de las emisiones totales de CH₄ (FAO y GDP 2019, Opio et al. 2013). Además, este gas supone una pérdida de hasta el 12% de la energía bruta ingerida por los rumiantes (Gerber et al. 2013a), lo que provoca una disminución de la productividad y la eficiencia económica de las explotaciones. La dieta es, por tanto, un factor que influye de forma crítica en las emisiones de GEI en el sector lácteo. El restante del CH₄ emitido procede de la gestión de las deyecciones ganaderas, y del manejo de los arrozales. Además, las emisiones de óxido nitroso (N₂O) que se originan principalmente en la producción cultivos para la manufactura de piensos (fertilizantes agrícolas) y el nitrógeno depositado durante el pastoreo representan el 24 % de las emisiones de GEI del sector.

Si bien los cambios del uso del suelo contribuyen con una cantidad significativa a las emisiones totales de GEI, particularmente en ciertas regiones, estas estimaciones varían mucho según los supuestos realizados, los datos y el enfoque aplicado. Debido a la falta de modelos y bases de datos validados a nivel mundial, el secuestro y las pérdidas de carbono del suelo que surgen del manejo de los pastos no se suelen incluir en muchos estudios, pero pueden ser significativos. Se ha especulado en que, en el caso de Europa Occidental, el secuestro de carbono en las explotaciones ganaderas podría mitigar alrededor del 5% de las emisiones totales causadas por los rumiantes en la región, pero existe todavía un alto grado de incertidumbre al respecto.



LOS EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR LÁCTEO

inLac

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA

4. LAS EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR LÁCTEO

Existen numerosos informes que recalcan la importante contribución del sector ganadero como fuente emisora de GEI debidas a la actividad humana. Destaca el estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), basado en el modelo GLEAM 2.0 con datos del 2010, que ha estimado que las cadenas de producción ganadera emitieron globalmente un total de 8,1 Gt CO₂-eq en 2010 (FAO 2017). Según este estudio, **el ganado vacuno es el mayor emisor de GEI** con cerca de 5,0 Gt CO₂-eq, que representa el 62% de todas las emisiones de la ganadería. No obstante, hay que tener en cuenta que el primero produce carne y otros productos, mientras que el segundo produce leche, carne y otros productos. Los cerdos, las aves de corral, los búfalos y los pequeños rumiantes tienen niveles de emisión menores, que representan entre el 7% y el 11% de las emisiones totales (Figura 4.1).

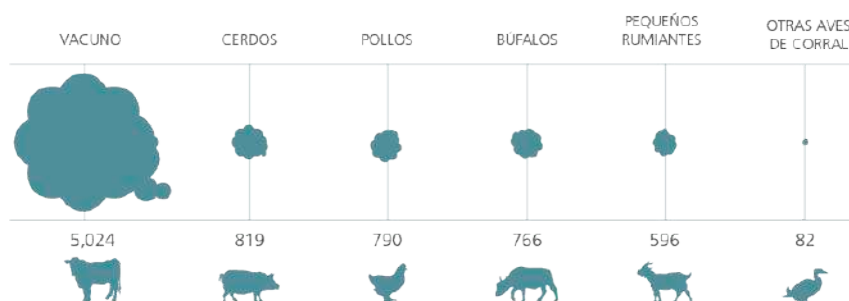


Figura 4.1. Estimación global de emisiones por especie, atribuidas a los productos comestibles y a otros bienes y servicios. Fuente: FAO.

La carne y la leche del vacuno son los productos con mayores emisiones a nivel global, con 3,0 y 1,6 Gt CO₂-eq, respectivamente. Les siguen la carne de cerdo (0,82 Gt CO₂-eq), la carne y huevos de pollos (0,79 Gt CO₂-eq), la carne y leche de búfalo (0,7 Gt CO₂-eq), y la carne y leche de pequeños rumiantes (0,5 Gt CO₂-eq). El resto de emisiones corresponden a otras aves, y los servicios y productos no comestibles (tracción animal, lana, etc.). Sin embargo, para comparar el desempeño de los diferentes productos alimentarios de la ganadería, es útil que las emisiones de GEI se expresen en relación a una unidad funcional común, como es el caso de la cantidad de proteína producida. Bajo esta premisa, la carne de búfalo es el producto con la mayor intensidad de emisiones, con un promedio global de 404 kg CO₂-eq/kg proteína, seguida por la carne de vacuno (295 kg CO₂-eq/kg proteína), la carne y la leche de los pequeños rumiantes 201 y 148 kg CO₂-eq/kg proteína), y la leche de búfala (140 kg CO₂-eq/kg proteína). La leche de vacuno, la carne y huevos de pollos y la carne de cerdo presentan intensidades menores, por debajo de 100 kg CO₂-eq/kg proteína (Figura 4.2). Por lo tanto, **la leche de vaca es una fuente de proteína animal relativamente eficiente** desde la perspectiva de las emisiones de GEI generadas.

El análisis de la FAO (2017) también ha puesto en evidencia que la intensidad de las emisiones de GEI varía enormemente en función de las condiciones de producción, especialmente entre las especies de rumiantes (Figura 4.2). Esto refleja la importancia de las distintas condiciones agroecológicas, las prácticas ganaderas, y la gestión de las cadenas de producción como factores sobre los que incidir para mitigar las emisiones de GEI del sector, tal como se analiza en las siguientes secciones.

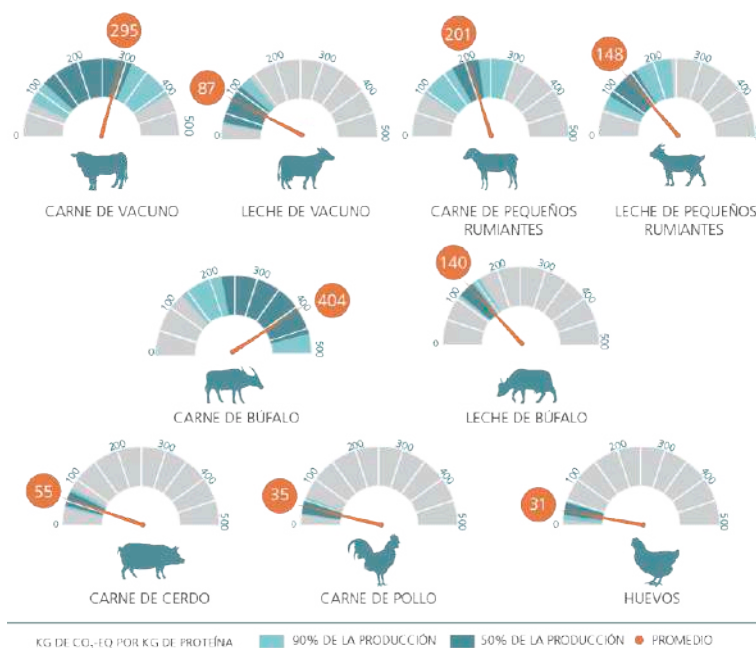


Figura 4.2. Intensidad de emisiones de GEI (huella de carbono) por producto en función de su contenido proteico. El promedio se calcula a escala global y representa el valor agregado de los diferentes sistemas de producción y zonas agroecológicas. Fuente: FAO.

4.1. Distribución de emisiones GEI por región

El informe de la FAO y GDP (2019) analiza la evolución de la intensidad de las emisiones, considerando como unidad funcional 1 kg de leche corregido según el contenido de grasa y proteína de la leche (FPCM¹¹). Los resultados indican que la intensidad de las emisiones de GEI se ha reducido en un 11%, de 2,8 a 2,5 kg CO₂-eq/kg de leche-FPCM. Por lo tanto, **sin las mejoras de eficiencia realizadas por el sector las emisiones globales de GEI del sector de ganado lechero habrían aumentado en casi un 38%**. También existen claras diferencias en la intensidad de las emisiones entre regiones, siendo en general más baja en los países desarrollados, entre 1,3 y 1,4 kg CO₂-eq/kg de leche-FPCM, mientras que los países en desarrollo en el sur y oeste de Asia, África del norte y subsahariana tienen intensidades de emisión más altas, entre 4,1 y 6,7 kg CO₂-eq/kg de leche-FPCM. Cabe destacar que los rangos de variación de la intensidad de las emisiones dentro de una misma región productiva son muy amplios, incluso en los países desarrollados (Figura 4.3). Esta variabilidad se explica en buena medida por diferencias en las prácticas de gestión y manejo, e implica que **existe potencial para reducir las emisiones de GEI en la mayoría de las regiones**.

¹¹ Acrónimo del inglés *fat and protein corrected milk* (FPCM), y que se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{FPCM (kg)} = \text{Leche cruda (kg)} \times [0.337 + 0.116 \times \text{Contenido de grasa (\%)} + 0.06 \times \text{Contenido de proteína (\%)}]$$

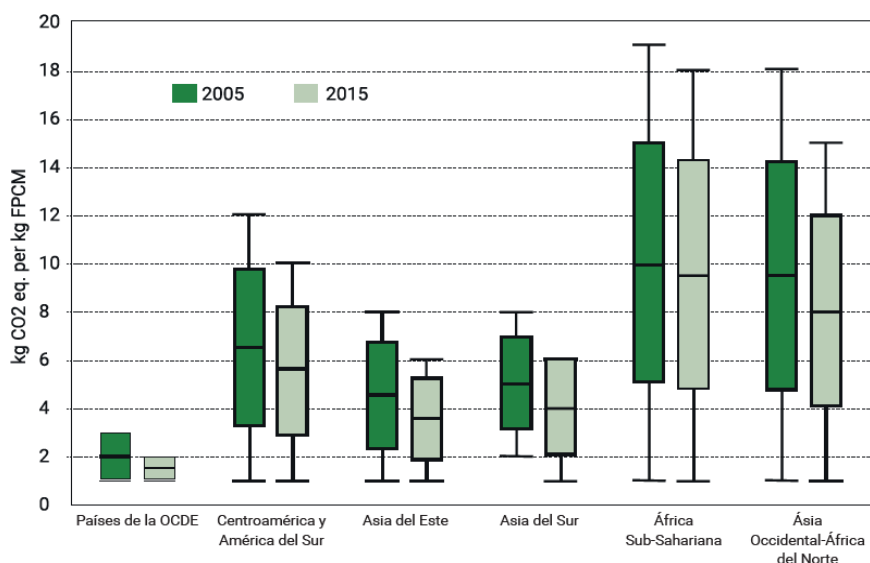


Figura 4.3. Diagrama de caja (promedio, 90% de la distribución, y valores máximo y mínimo) de la evolución de la intensidad de las emisiones del sector lácteo entre 2005 y 2015 en diferentes regiones a nivel mundial. Fuente: FAO y GDP (2019).

Para entender las causas de la variabilidad observada en las emisiones de GEI del sector lácteo, e identificar los puntos críticos más idóneos para implementar estrategias de mitigación, es necesario analizar la contribución de las diferentes gases y fuentes de emisión a lo largo de toda la cadena de valor, desde la elaboración de las materias primas, hasta que el producto llega al consumidor.

4.2. Distribución anual de emisiones GEI por gas y grupo de actividad

Un estudio realizado por la FAO, conjuntamente con la asociación sectorial *Global Dairy Platform* (GDP), ha analizado las principales tendencias a nivel global en lo relativo a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector lácteo entre el 2005 y el 2015 (FAO y GDP 2019). Este trabajo se ha basado en el modelo GLEAM mencionado anteriormente para la estimación de las emisiones de GEI. La primera conclusión es que **la producción mundial de leche ha aumentado un 30%**, crecimiento que se ha logrado tanto por el aumento del rendimiento (un 15% más hasta un promedio de 2.514 litros por vaca lactante) y del número de vacas en ordeño (un 14% más de animales). Como consecuencia de este aumento de la producción, **las emisiones totales de GEI del sector lácteo se han incrementado en alrededor del 18%** durante este mismo periodo, de 1.455,8 a 1.711,8 Mt CO₂-eq (Figura 4.4).

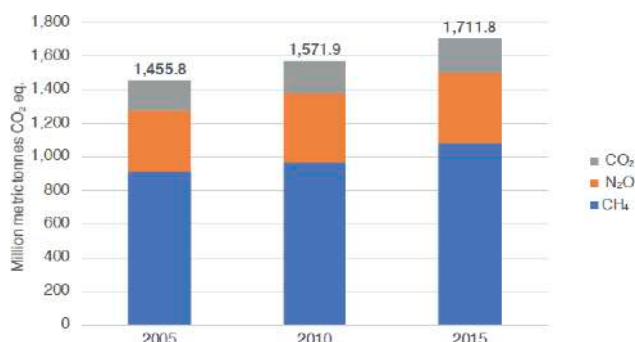


Figura 4.4. Evolución de las emisiones globales de GEI asociadas con el sector del ganado de leche, desglosadas por tipo de gas. Fuente: FAO y GDP (2019).

En cuanto a la contribución de los diferentes GEI, ésta no ha cambiado mucho en el periodo analizado (2005-2015) por el trabajo de la FAO y GDP (2019), siendo el CH₄ generado por la **fermentación entérica** la principal fuente (58,5%), seguida por las emisiones de CO₂ y N₂O de la producción, procesamiento y transporte de la **alimentación animal** (29,4%) y, finalmente, el CH₄ y N₂O generado durante la **gestión de las deyecciones ganaderas** (9,5%). Dado que la fermentación entérica aporta más de la mitad del total de las emisiones de GEI, el ámbito relacionado con la optimización de la nutrición de los rumiantes representa una oportunidad potencial para la mitigación. Las emisiones asociadas con la producción de alimentos para los animales apuntan a estrategias de optimización en el ámbito agronómico, en cuestiones como el laboreo y la fertilización, pero también el procesado y el transporte. Finalmente, también debe considerarse la implementación de tecnologías de manejo y procesado de las deyecciones ganaderas que tengan en cuenta el control de las emisiones de GEI.

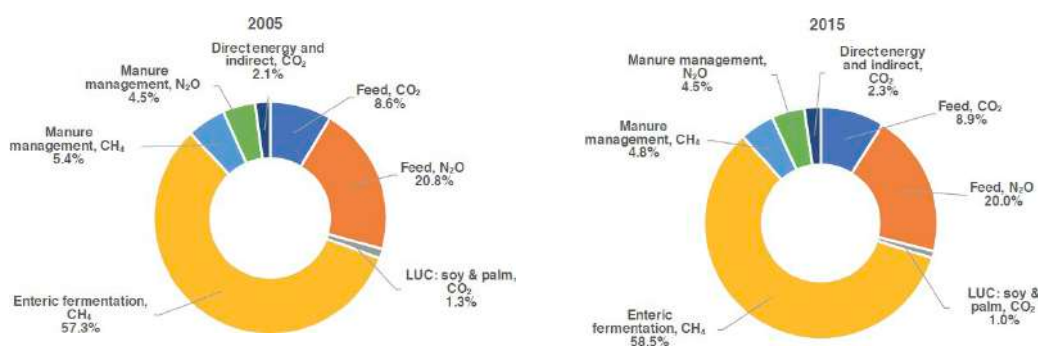


Figura 4.5. Comparación entre la contribución global de las principales fuentes para la emisión de GEI en los años 2005 y 2015: expansión de las tierras para cultivos destinados a la alimentación animal (LUC); producción, procesamiento y transporte de alimentos animales (Feed CO₂); fertilización mineral y orgánica, y descomposición de restos de cultivos destinados a alimentación animal (Feed N₂O); uso de energías fósiles (Direct energy CO₂); materiales de construcción y fabricación (Indirect energy CO₂); gestión y procesado de las deyecciones (Manure management, CH₄ y N₂O); y fermentación entérica (Enteric fermentation, CH₄). Fuente: FAO y GDP (2019).

4.3. Distribución de la huella de carbono por sector y actividad

La complejidad de la cadena de valor del sector lácteo implica que haya fuentes emisoras de GEI que pueden permanecer "ocultas" en otros sectores. Por este motivo, la CMNUCC contempla cinco grandes sectores económicos para el cálculo de las emisiones para la producción ganadera: Agricultura, Industria, Energía, Usos del Suelo y Cambios de Usos del Suelo (LULUC, acrónimo de la definición en inglés *land use and land use changes*). Esta asignación de las emisiones es relativamente genérica por lo que diversos estudios más detallados sobre la huella de carbono del sector lácteo, especialmente los realizados por la FAO, distinguen entre las fuentes de emisión de GEI que están asociadas a la producción de leche, antes que esta abandone la explotación ganadera (*farm-gate emissions*), y las que se producen con posterioridad una vez la leche abandona la granja (*post-farm emissions*). Mientras que las primeras se asocian directamente con el sector primario, las segundas proceden principalmente de la industria de transformación agroalimentaria (ver el capítulo 5 sobre aspectos metodológicos).



Tabla 4.1. Interrelación entre las fuentes y tipología de las emisiones de GEI con los sectores económicos contemplados según el criterio de la CMNUCC, y los principales eslabones de la cadena de valor del sector lácteo.

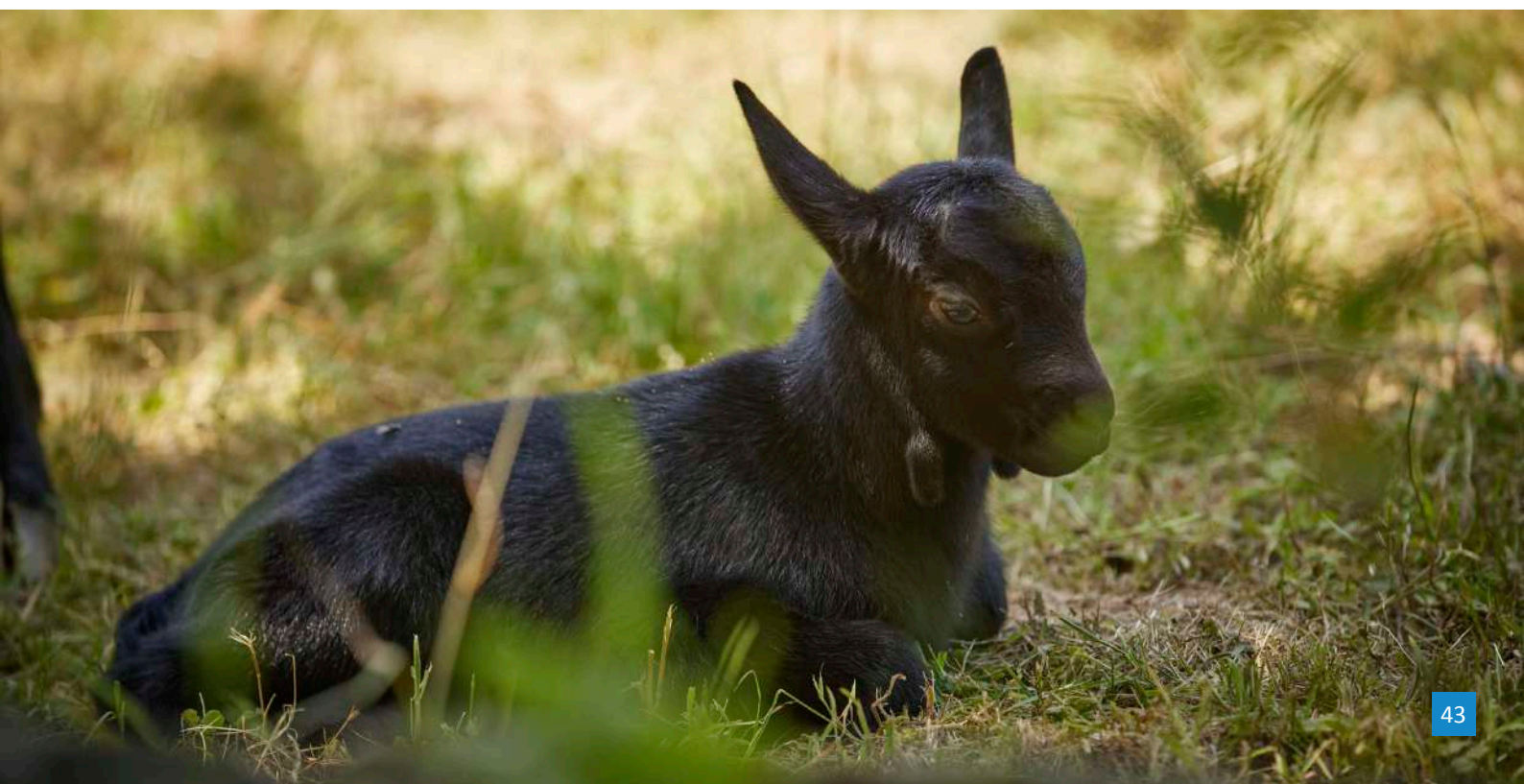
Eslabón de la cadena de valor	Sector	Fuente de emisión	GEI
Explotación ganadera (<i>farm gate emissions</i>)	Agricultura	Fermentación entérica de los animales	CH ₄
	- Cría de ganado		
	Agricultura	Gestión de las deyecciones ganaderas dentro o fuera del marco agrario	CH ₄ , N ₂ O
	Energía	Consumo energético de la explotación ganadera	CO ₂
	- Alimentación animal		
	Energía, Industria	Fabricación de fertilizantes en cultivos para la alimentación animal	CO ₂ , N ₂ O
	Agricultura	Aplicación de fertilizantes importados en cultivos para la alimentación animal	N ₂ O
	Agricultura	Descomposición de restos de cultivos destinados a alimentación animal	N ₂ O
	Energía	Transporte de fertilizantes en cultivos para la alimentación animal	CO ₂
	Energía	Fabricación de pesticidas utilizados en los cultivos para la alimentación animal	CO ₂
	Energía	Laboreo de los cultivos destinados a la alimentación animal	CO ₂
	Energía	Fabricación y transporte de productos destinados a alimentación animal	CO ₂
	LULUC	Emisiones/absorciones por usos del suelo en la explotación ganadera	CO ₂
LULUC	Emisiones/absorciones por cambios en usos del suelo inducidos por la ganadería	CO ₂	
Industria de transformación y logística (<i>post-farm emissions</i>)	Energía	Transporte de la leche y los animales a industrias lecheras y a mataderos	CO ₂
	Industria	Procesamiento de leche cruda en productos básicos	CO ₂
	Industria	Gestión de los residuos orgánicos generados	CH ₄ , CO ₂
	Industria	Producción de materiales y embalajes para el envasado de los productos	CO ₂
	Energía, Industria	Conservación y transporte de productos procesados hasta los puntos de venta	CO ₂

Las emisiones a nivel de granja pueden ser directas, como consecuencia de la cría de los animales, o indirectas, principalmente relacionadas con los procesos de producción de los alimentos de los animales (cultivos forrajeros, manejo de pasturas, fabricación de piensos, etc.). En el ámbito de la industria de la transformación y distribución láctea, los principales procesos emisores de GEI están relacionados con el transporte de la leche cruda y de los animales, el procesamiento de leche y la gestión de los residuos orgánicos, el envasado de los productos, y su conservación y transporte hasta los puntos de venta. Esta clasificación de las fuentes de emisiones de GEI, y su relación con los sectores económicos y los eslabones de la cadena de valor del sector lácteo se resume en la Tabla 4.1.

4.3.1. *Ámbito de la explotación ganadera*

En su informe del 2010 la FAO concluyó que **la mayor parte de las emisiones de GEI del sector lácteo se produce a nivel de la explotación ganadera** (*farm-gate emissions*), con un promedio es del 93% sobre el total. Este valor es ligeramente menor en América del Norte, Europa Occidental y Oceanía, con valores entre el 78% al 83% de las emisiones generadas por actividades en la granja, mientras que en las demás regiones del mundo se estima que estas emisiones contribuyen a entre el 90% y el 99% del total. En términos absolutos, la mayor intensidad de emisiones se produce en el África subsahariana, con un promedio de 7,5 kg de CO₂-eq/kg FPCM, mientras que los valores más bajos se han estimado para las regiones industrializadas, entre 1 y 2 kg de CO₂-eq/kg FPCM (1,4 kg de CO₂-eq/kg FPCM para Europa). El sur de Asia, el oeste de Asia y el norte de África y América Central y del Sur tienen niveles intermedios de emisiones, estimados entre 3 y 5 kg de CO₂-eq/kg FPCM. Por otra parte, las emisiones de GEI derivadas del cambio de uso del suelo (LUC) son comparativamente bajas (únicamente se ha tenido en cuenta el cambio de usos del suelo, y no el uso actual del suelo). Los valores más altos se estiman para Europa Occidental y Oriental, con intensidades de emisión de 0,11 y 0,04 kg de CO₂-eq/kg de leche-FPCM, respectivamente, lo que representa el 7% y el 3% del total a nivel de granja.

Por otra parte, **la intensidad de las emisiones de GEI asociadas a la producción láctica son inversamente proporcionales a la productividad por animal** (Figura 4.6). De acuerdo con un estudio elaborado por la *International Farm Comparison Network* (IFCN), tomando 117 granjas lecheras modelo de vacuno estandarizadas a nivel mundial



que representan 45 regiones lecheras en 38 países, la intensidad de emisiones de GEI promedio es de 1,50 kg CO₂-eq/kg de leche ECM (Hagemann et al. 2012). Este análisis demuestra que las mejoras en las granjas menos productivas (<4000 litros de leche ECM por vaca y año, con valores de intensidad de emisiones de GEI superiores al valor promedio) tienen un gran impacto sobre la reducción de las emisiones, pero la ganancia marginal en esta disminución es mucho menor para las granjas altamente productivas (>8000 litros de leche ECM por vaca y año), siendo los valores de intensidad de emisiones de GEI menores de 1 kg CO₂-eq/kg de leche difíciles de conseguir. Por otra parte, este estudio estima que **la contribución de la producción de leche de vaca a las emisiones antropogénicas globales de GEI equivale al 2,65% de las emisiones totales** (1,3 Gt CO₂-eq/año).

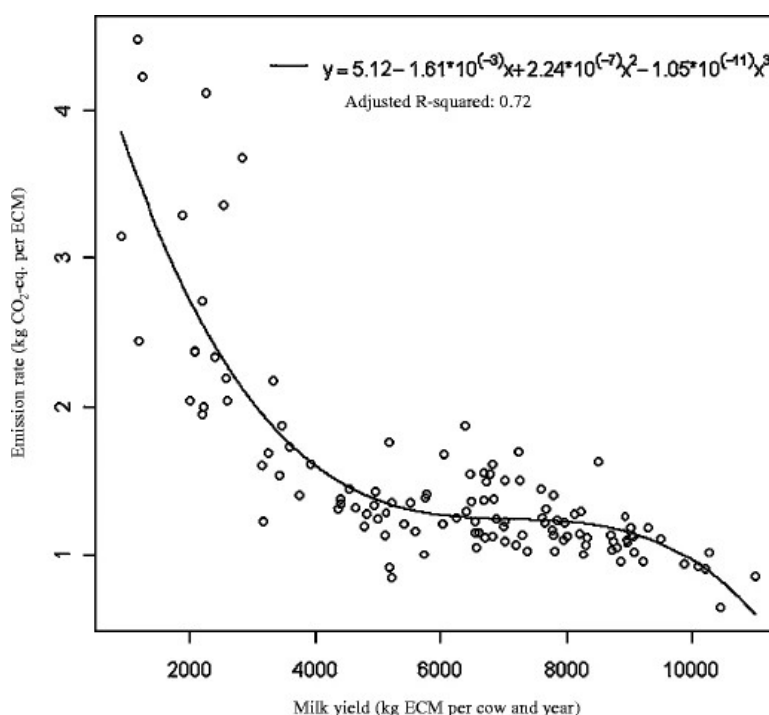


Figura 4.6. Relación entre la intensidad de las emisiones de GEI y la productividad de la leche de vaca. Fuente: Hagemann et al. (2012).

El estudio de la FAO de 2010 ha sido validado en buena medida a nivel europeo a partir de un análisis publicado posteriormente parte del *Joint Research Council* (JRC) de la Comisión Europea (Weiss y Leip 2012), con base a datos del año 2004. De acuerdo con este último, el promedio de la intensidad de las emisiones de GEI de una explotación europea de vacuno de leche es de 1,4 kg CO₂-eq/kg leche¹². También se ha determinado la intensidad de las emisiones de la leche de cabra y oveja, con un valor de 2,6 kg CO₂-eq/kg leche¹¹, a pesar que la calidad de los datos en este caso es inferior que la de la leche de vaca. El interés de este trabajo radica en que los datos de emisión se han desglosado según los distintos países de la UE-27, categorías de GEI, y sectores económicos, según la metodología acordada internacionalmente para la contabilidad de las emisiones de GEI por parte de la CMNUCC (Figura 4.6). En este sentido,

¹² Se ha considerado que 1 kg de leche de vaca contiene un 4% de grasa, y que 1 kg de leche de cabra u oveja contiene un 7% de grasa.

el 0,5 kg CO₂-eq/kg leche de vaca se emiten como CH₄ (36%), el 0,29 kg como N₂O (21%) y 0,5-0,88 kg como CO₂ (36-63%). Los flujos de GEI de LULUC oscilan entre 0,26 kg y 0,64 kg.

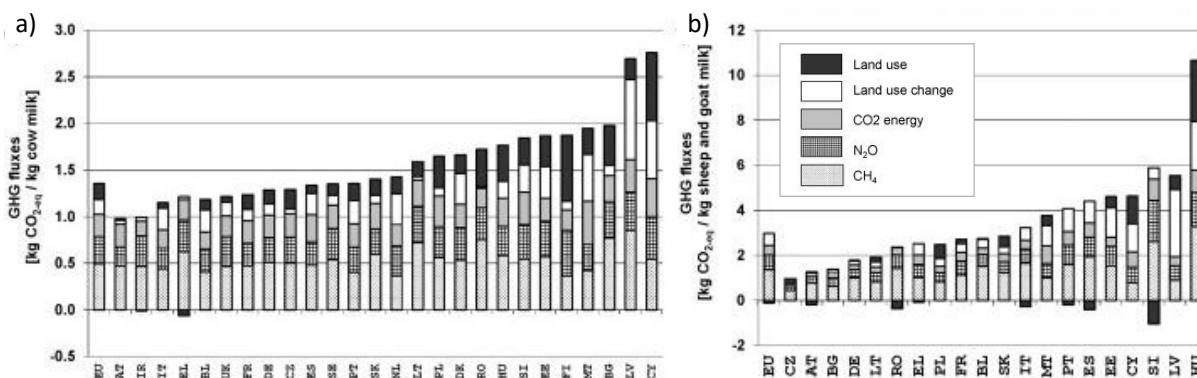


Figura 4.7. Intensidad de las emisiones del sector de la leche de vaca (a), y de cabra y oveja (b) en los países de la Unión Europea, calculada mediante el análisis de ciclo de vida con el modelo CAPRI con datos del 2004 (Weiss y Leip 2012).

La gestión de las deyecciones ganaderas es la segunda mayor fuente de emisiones de GEI de las granjas lecheras. Las prácticas para la gestión y valorización de las deyecciones varían enormemente en función de las condiciones biogeográficas y socioeconómicas, del tipo y dimensión de la explotación ganadera, la normativa vigente y la experiencia del granjero. Es complicado, por tanto, generar datos detallados de los sistemas más representativos de cada región productora para generar inventarios precisos y orientar las estrategias de mitigación del cambio climático, siendo los estudios de campo particularmente importantes en este ámbito. Algunos trabajos disponibles han demostrado que las prácticas de manejo varían significativamente en función del tamaño de la granja (Aguirre-Villegas y Larson 2017). Las granjas más grandes suelen manejar las deyecciones en forma líquida (purines) y cuentan con sistemas de almacenamiento a largo plazo, mientras que las granjas pequeñas manejan estiércol y lo aplican a la tierra de forma frecuente. El compostaje se aplica frecuentemente en el procesado del estiércol sólido, mientras que los purines son tratados por separación sólido-líquido y, en granjas de mayor tamaño, mediante sistemas de nitrificación-desnitrificación o de digestión anaeróbica (Prenafeta-Boldú y Parera 2020). Los datos disponibles demuestran que **almacenar las deyecciones durante largos períodos de tiempo sin procesarlas es uno de los factores que más contribuye a las emisiones de GEI**. Consecuentemente, las granjas pueden reducir significativamente las emisiones de GEI mediante el procesado rápido y eficiente de las deyecciones generadas. Además, la digestión anaerobia bien gestionada previene las emisiones de CH₄ y produce una energía renovable que puede sustituir a los combustibles fósiles. Según las prácticas y el tamaño de la explotación, las emisiones de GEI por tonelada de deyección varían de 2,2 a 12 kg CO₂-eq para la recolección, 0,2 a 2,4 kg CO₂-eq para el transporte, 16 a 84 kg CO₂-eq para el almacenamiento y 16,4 a 33,5 kg CO₂-eq para aplicación agronómica (Aguirre-Villegas y Larson 2017).

4.3.2. *Ámbito de la transformación y transporte de la leche*

De acuerdo con el estudio de la FAO (2010), las emisiones posteriores a la explotación ganadera oscilan entre 0,06 y 0,23 kg CO₂-eq/kg FPCM en función de la región geográfica considerada, teniendo por ello un peso mucho menor en la huella de carbono de los productos lácteos. Las diferencias se deben a variaciones en la fracción de leche procesada

y la intensidad de emisión asociada con la generación y el consumo de energía. En el caso de Europa occidental, el 89% de la leche producida es enviada a una central de procesado para la elaboración de productos lácteos derivados (el 25% y el 8% para la comercialización de leche fresca y fermentada, el 52% para la elaboración de queso, el 3% para leche condensada, y el 12% como leche en polvo). La principal fuente de emisiones de GEI una vez la leche sale de la granja corresponde al uso de energías fósiles, que vendrá determinada principalmente por los siguientes factores: (1) la distancia y tipo de transporte de la leche entre la granja y la industria de procesamiento; (2) los procesos de elaboración y envasado de los productos lácteos a nivel de la industria de transformación; y (3) la distancia, tipo de transporte, y conservación entre la industria y la distribución minorista.

Tabla 4.2. Valores medios para Europa de las emisiones de GEI vinculadas al uso de la energía para el transporte, procesamiento y envasado de productos lácteos (FAO 2010).

Proceso/producto	Intensidad de emisiones de GEI (kg CO ₂ -eq/kg FPMC)
Transporte de la granja a la central láctea	0,016
Procesado en la central láctea	0,086
Embalaje/empaquetado	0,038
Transporte de la central láctea a la distribución minorista	0,014
Total	0,155
Leche fresca y nata	0,153
Leche y nata fermentadas	0,304
Queso y suero	0,126
Leche desnatada en polvo y nata	0,157
Leche entera en polvo y nata	0,171

En la Tabla 4.2 se indican valores promedios estimados para Europa, para cada una de estos procesos, en base a los resultados obtenidos mediante un estudio basado en el análisis de ciclo de vida realizado por la FAO (2010). De acuerdo con este último informe, la intensidad de las emisiones de GEI a nivel europeo relacionada con la transformación y transporte de la leche se estiman en 0,155 kg de CO₂-eq/kg FPMC. Estas emisiones totales se distribuyen en un 55% durante el procesamiento, un 25% para el envasado y embalaje, y un 20% para el transporte (de la granja a la industria y de ésta a la venta al por menor). De acuerdo con este análisis, **el envasado/empaquetado es el proceso más intensivo en términos de emisiones a nivel industrial**, llegando a suponer el 55% de las emisiones de GEI que se producen fuera de la granja, y un 6% de la huella total de carbono de la leche.

4.3.3. Emisiones asociadas a las pérdidas alimentarias

Diversos estudios recientes han revelado que el desperdicio alimentario de productos provenientes de la ganadería

(incluidos los productos lácteos) representan un 10% de la producción total, por lo que la contribución del desperdicio alimentario en las emisiones de GEI son relativamente elevadas (Figura 4.8). En los países desarrollados, los desperdicios lácteos ocurren principalmente durante la etapa de consumo de la leche fresca, y en menor medida durante su producción (Al-Obadi , Carr et al. 2014, Scherhauffer et al. 2018). Por tanto, **el consumidor final también tiene una responsabilidad directa en la mitigación de las emisiones de GEI**, mediante la prevención del desperdicio alimentario doméstico. En cambio, **en los países en desarrollo las principales pérdidas alimentarias de los productos lácteos se producen durante el almacenamiento y su distribución**, hecho que pone de manifiesto las debilidades en sus cadenas de distribución.

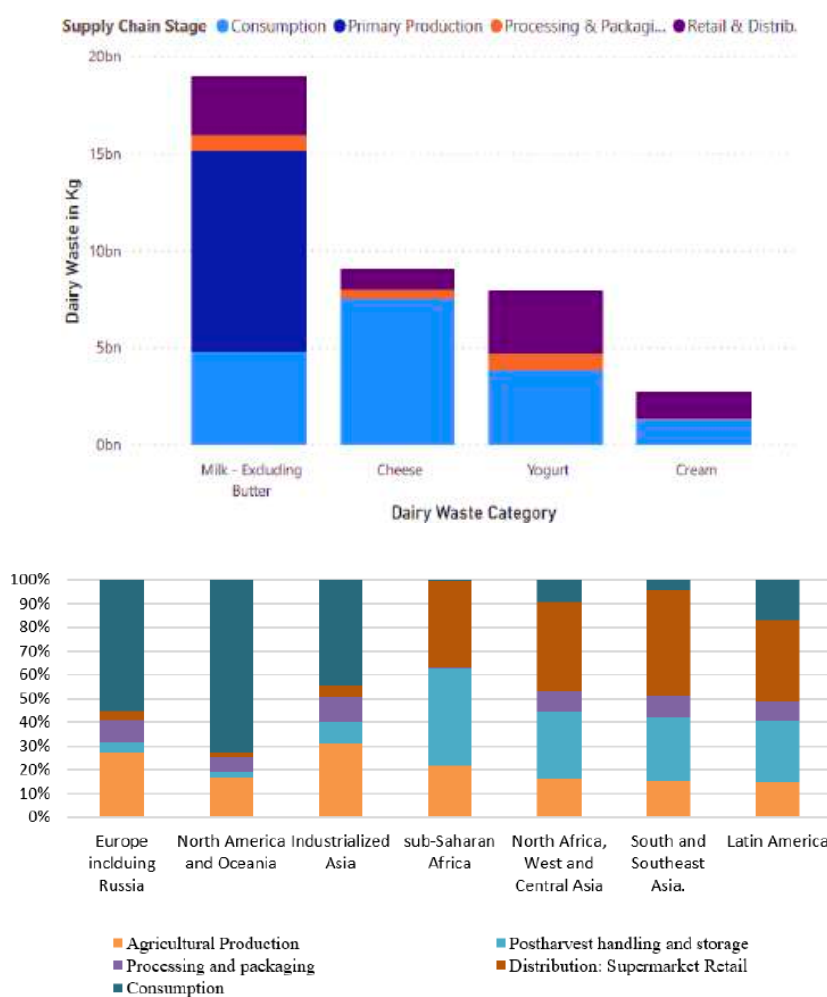


Figura 4.8. Pérdidas alimentarias asociadas a la cadena de producción lechera. Arriba: distribución de las pérdidas por producto y por fase de la cadena. Abajo: distribución por zona geográfica y fase de la cadena.

4.4. Situación en España

El Sistema Español de Inventario de Emisiones elabora anualmente el Inventario de Emisiones de GEI por fuentes

antropogénicas y su absorción por sumideros, según lo previsto en la CMNUCC, el Protocolo de Kyoto, y en el Reglamento (UE) 525/2013 para el seguimiento y notificación de emisiones de GEI y otra información relevante para el cambio climático. En el último informe disponible, las emisiones del sector agrícola representaron en el año 2019, en términos de CO₂ equivalente (CO₂-eq), un 12,0 % de las emisiones totales del Inventario Nacional (MITECO 2021). Las emisiones en 2019 prácticamente son iguales respecto a 2018 pero variando por categorías y aumentaron un +8,0 % respecto al año 1990, alcanzando 37.794 kt de CO₂-eq. Desglosando estos datos por categorías según la nomenclatura CRF, la distribución de las emisiones fue de 16.009 kt de CO₂-eq para la fermentación entérica (3A), 8.594 kt de CO₂-eq para la gestión de estiércoles (3B), 424 kt de CO₂-eq para el cultivo de arroz (3C), 12.291 kt de CO₂-eq para los suelos agrícolas (3D), 29 kt de CO₂-eq para la quema de residuos (3F), 32 kt de CO₂-eq para la enmienda caliza (3G), y 414 kt de CO₂-eq para la fertilización con urea (3H). Durante el período 1990-2019, las emisiones de las actividades agrícolas han fluctuado notablemente, disminuyendo 1993, para alcanzar un máximo en 2003, y volver a descender hasta 2013. Desde entonces, la tendencia es al crecimiento (Figura 4.9). Estas fluctuaciones son fruto de la variación de los principales motores de este sector: el número de efectivos de la cabaña ganadera y su rendimiento productivo (3A), la evolución en la gestión de estiércoles (3B) y la cantidad de fertilizantes inorgánicos y orgánicos aplicados al suelo (3D).

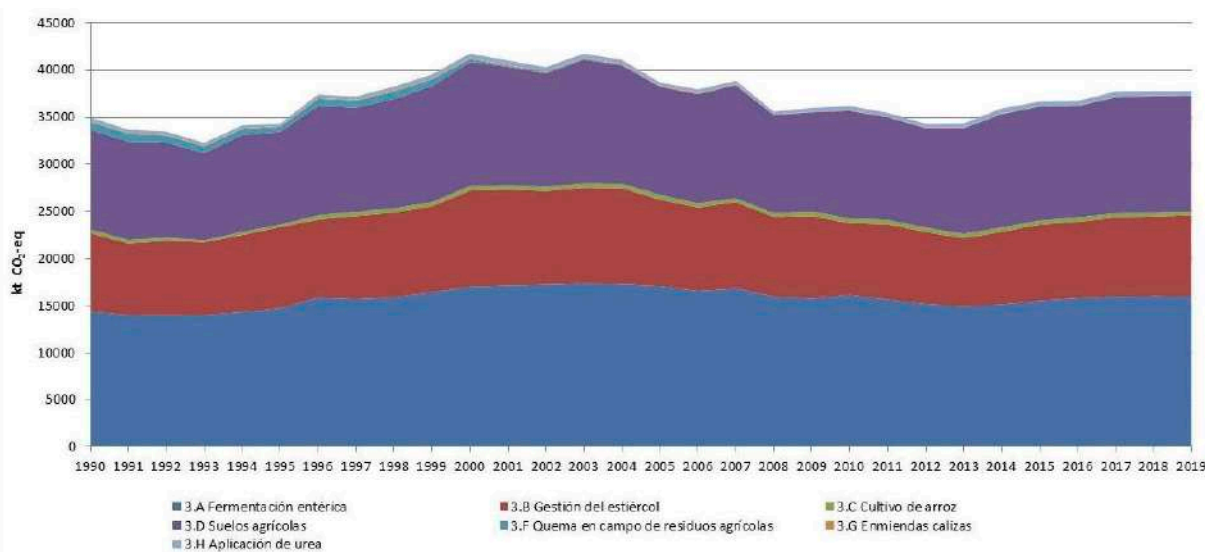


Figura 4.9. Evolución de las emisiones globales de GEI en España para las diferentes categorías del sector agrícola (nomenclatura CRC). Fuente: MITECO.

En junio de 2021 el MITECO ha publicado el Avance del Inventario Nacional de GEI, correspondiente al año 2020¹³. El Avance del Inventario de GEI estima unas emisiones brutas de 271,5 millones de toneladas de CO₂-eq para el año 2020, de las cuales la agricultura contribuye con un 14,1%, lo que supondría un incremento del 1,2% respecto al año anterior; principalmente como consecuencia del ligero crecimiento de las cabañas ganaderas, responsables del 64,8% de las emisiones de este sector, que vieron aumentadas sus emisiones en un 0,8% debido a las procedentes de la gestión de estiércol (2,0%) y, en menor medida, a las procedentes de la fermentación entérica (0,2%). También influyó en el

¹³ MITECO: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-avance-gei-2020_tcm30-528804.pdf

aumento de las emisiones del sector la variación en las emisiones debidas a los cultivos, que aumentaron un 2%, fundamentalmente por el aumento de las emisiones de N₂O derivadas de la gestión de suelos agrícolas (1,5% respecto al año anterior, debido al uso de fertilizantes inorgánicos) y de emisiones de CO₂ derivadas de la aplicación de urea (21% respecto al año anterior).

4.4.1. Fermentación entérica en el ganado

Las especies rumiantes (principalmente, vacuno y ovino) presentan las mayores tasas de emisión de CH₄, a diferencia de las aves en las que la liberación de este gas es prácticamente despreciable (Figura 4.10). Los animales monogástricos, como el cerdo blanco, ocupan una posición intermedia entre estos dos extremos, ya que la densidad microbiana en el estómago y el intestino delgado de estos animales es limitada. Además, en algunas especies, como en el cerdo blanco, la cría intensiva está altamente tecnificada en España y se ha adecuado su dieta para maximizar su aprovechamiento energético y nutritivo. En régimen de explotación intensivo, la dieta se ajusta al máximo para obtener la menor ratio ingesta/producción.

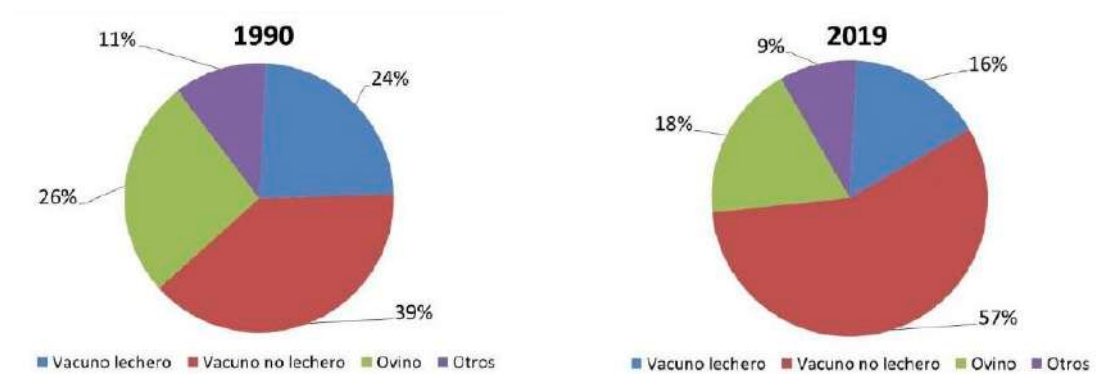


Figura 4.10. Distribución de la contribución de las emisiones entéricas de CH₄ entre las principales cabañas ganaderas en los años 1990 y 2019. Fuente: MITECO.

En términos de emisiones netas, la fermentación entérica en ganado (categoría 3A) contabilizó en 2019 16.009 kt de CO₂-eq, que suponen un aumento del +11,4% respecto al año 1990 y una disminución del -0,2 % respecto a 2018. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo pone en evidencia que el vacuno no lechero ha ganado importancia en el total de la categoría, pasando del 39 % en el año 1990 al 57 % en 2019, a expensas de las emisiones de ovino (del 26 % en 1990 al 18 % en 2019) y vacuno de leche (del 24 % al 16 %). Estas tres cabañas contabilizan alrededor del 90% de las emisiones entéricas totales, a pesar que el censo de vacuno de leche ovino y caprino disminuyen regularmente a lo largo de la serie, alcanzando en 2019, una reducción final del -49%, -36% y -27% respectivamente en el número de plazas contabilizadas en 1990.



Figura 4.11. Evolución de la cantidad de CH₄ de origen entérico generado por cada unidad de leche producida en el vacuno de leche entre los años 1990 y 2019. Fuente: MITECO.

No obstante, si las emisiones se expresan en relación a una unidad de leche producida, **las emisiones de CH₄ entérico han disminuido a cerca de la mitad** durante la serie 1990-2019 (Figura 4.11). El factor de emisión de la fermentación entérica está fuertemente dependiente de la alimentación, y ha evolucionado especialmente en los sectores ganaderos intensivos, en los que la dieta se ajusta para obtener la menor ratio ingesta/producción. Según las estimaciones del inventario de GEI elaboradas por el MITECO para 2019, la producción de 1 kg de leche generó en promedio cerca de 14 g de CO₂, que aplicando un GWP de 28 (100 años) corresponde a unos 392 g de CO₂-eq.



4.4.2. Emisiones durante la gestión de las deyecciones ganaderas

Esta categoría recoge las emisiones de CH₄ y el N₂O producidas por el manejo de las deyecciones ganaderas hasta su destino final. El valor de las emisiones de CH₄ depende de la cantidad de excreta, en términos de sólidos volátiles¹⁴ y de su tipo de gestión, incluyendo su manejo, almacenamiento, procesado, y aplicación. En términos de emisiones netas, esta categoría contabilizó 6.952 kt de CO₂-eq en 2019, suponiendo un aumento del +0,4% respecto al año base (1990) y del +2,5% respecto a 2018. Con respecto al año base, la variación de las contribuciones por especies fueron del -19,7%, +6,8%, -5,5% para el bovino, porcino y resto de las especies salvo las aves, que aumentaron un +27,0%, aunque en términos absolutos su efecto es muy limitado sobre el total de CO₂ equivalente (Figura 4.12). El porcino ha mantenido su relevancia en el total de la categoría (72% en el año 1990 y 76% en 2019) debido a la importancia de sus poblaciones y a que los sistemas de gestión de deyecciones empleados en la cría de estos animales son más proclives a la producción de CH₄. Por otro lado, el vacuno presenta una disminución ligada al aumento poblacional del vacuno no lechero, el cual tiene una importante proporción de su gestión en pastoreo, y a la disminución de los efectivos de vacuno de leche, que generalmente está ligado a regímenes más intensivos, siendo el estiércol generado en régimen de pastoreo menos propenso a la producción de CH₄.

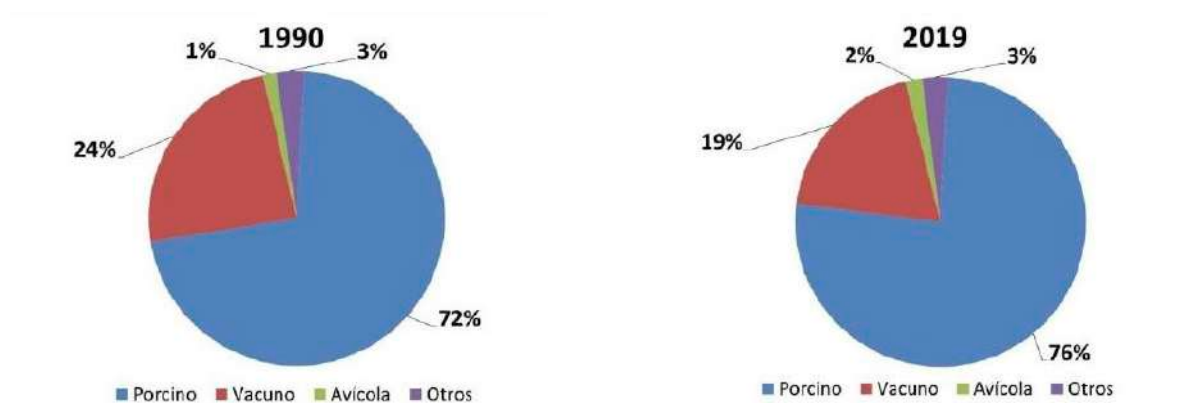


Figura 4.12. Distribución de la contribución de las emisiones de CH₄ en términos de CO₂-eq entre las principales cabañas ganaderas en los años 1990 y 2019. Fuente: MITECO.

Las emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N₂O) se consideran a partir del contenido de nitrógeno en el estiércol (considerando heces y orina), mientras es gestionado dentro de la explotación ganadera y antes de su aplicación al suelo. En términos de emisiones netas, esta categoría contabilizó 1.642 kt de CO₂-eq en 2019, que supone un aumento del +14,6% respecto al año base (1990) y una disminución del -0,05% respecto a 2018. Las emisiones directas sumaron 816 kt de CO₂-eq, y las indirectas 827 kt de CO₂-eq, lo que supone un +18,2% y +11,2% respecto a 1990, y -0,2% y +0,1% respecto a 2018. Por especie ganadera, la variación con respecto al año base ha sido debida al aumento de contribución de ganado vacuno no lechero (+36,3%), porcino (+38,3%), y de las emisiones indirectas citadas (+11,2%). Las emisiones de vacuno de leche y ovino se han reducido un -31,3% y un -13,3% respectivamente. Las emisiones del ganado caprino aumentaron un +141,2% respecto a 1990 debido al parcial abandono del pastoreo en la gestión de estos animales. Las emisiones de las especies de équidos aumentaron cerca de un +68,7% con respecto a 1990, pero en términos absolutos no produce un efecto importante en el total de la categoría. Lo mismo ocurrió con la contribución de las especies avícolas que, aun cuando su aumento con respecto al año 1990 ha sido del +5,2%, no es una variación relevante para la serie total de la categoría.

¹⁴ Sólidos volátiles: materia que queda tras secar la muestra pero que se pierde tras calcinarla; los sólidos volátiles estiman la cantidad de materia orgánica que contiene la muestra en cuestión.

Una de las principales críticas que se realiza a la metodología aplicada en la elaboración de los inventarios de GEI y su atribución por sectores, es que la producción ganadera se contempla habitualmente de forma conjunta, sin separar sistemas productivos ni considerar adecuadamente el conjunto de actividades que se relacionan con ella (Alibés et al. 2020). Esto incluye aspectos clave para el análisis de los impactos de la ganadería sobre los agrosistemas, como es la alimentación de los animales, la producción asociada de piensos y forrajes, el consumo energético, el transporte de forrajes, animales vivos y animales sacrificados y otros insumos externos (desde aditivos a medicinas, antibióticos o suplementos). La principal consecuencia de esta situación es que se ha identificado al conjunto del sector ganadero con la ganadería más industrializada, obviando las especificidades de los sistemas productivos extensivos. Por este motivo, se han realizado estudios para el análisis de explotaciones ganaderas tipo, con un mayor nivel de detalle, desde la perspectiva de la intensidad de las emisiones (cantidad de GEI generados por la manufactura de una unidad funcional, p. ej. kg CO₂-eq/kg leche).



4.4.3. La huella de carbono en las explotaciones ganaderas

Los datos de los inventarios de España presentados en los puntos anteriores permiten ver de forma desglosada las contribuciones a las emisiones de GEI de sectores y actividades específicas, pero la información no se presenta integrada desde una visión de sistemas productivos, de forma que se pueda valorar la contribución de factores indirectos, como son la energía consumida por la granja, los cultivos utilizados en la dieta de los animales, o el cambio de usos del suelo, en el cómputo de la intensidad de las emisiones de la leche (expresada en términos de kg CO₂-eq/kg leche). No obstante, de forma parecida a los análisis transnacionales presentados en la sección 4.1, distintos autores han analizado la intensidad de las emisiones de GEI para la producción láctica en diferentes explotaciones españolas. Según el estudio del JRC presentado anteriormente (Weiss y Leip 2012), el sector de **la leche de vaca en España tiene una intensidad de emisiones de GEI muy próxima a la media europea** (1,4 kg CO₂-eq/kg leche²), ocupando el décimo lugar en el ranking de emisiones por detrás de Francia, Alemania o el Reino Unido, pero por delante de Holanda o Dinamarca, países todos ellos con una importante tradición de producción láctea. Sin embargo, el sector de **la leche de cabra y oveja en España tiene una intensidad de emisiones de GEI superior a la media europea** (4,5 kg CO₂-eq/kg leche²), ocupando el lugar 15 del ranking de emisiones.

A nivel de las diferentes categorías y fuentes de emisión consideradas por el JCR para el sector de la leche de vaca, el 37% de la intensidad de las emisiones europeas de GEI viene determinada por el CH₄ originado principalmente en los procesos entéricos y de gestión de las deyecciones ganaderas. El 63% restante se distribuye entre las emisiones de N₂O, causada principalmente por la gestión de las deyecciones ganaderas y la fertilización nitrogenada (22%), el CO₂ emitido durante la generación energética de los procesos productivos y del transporte (15%) y, finalmente, el uso del suelo (14%) y los cambios de uso del suelo (12%). La distribución de las emisiones de GEI en España por actividades y fuentes es bastante parecida al promedio europeo, especialmente para el sector del vacuno de leche (Figura 4.7).

Un estudio realizado entre 2017 y 2018 midió la intensidad de las emisiones en 10 explotaciones ganaderas gallegas de tipologías diversa, que tenían una media de 111 vacas en ordeño y unas 59 hectáreas de superficie. **La intensidad de las emisiones de GEI a la salida de la granja fue en promedio de 0,99 kg CO₂-eq/kg de leche** (en la fuente consultada no se especifica la referencia de la unidad funcional), con un rango de valores de entre 0,84 y 1,32 kg CO₂-eq/kg de leche. El estudio también concluyó que **las ganaderías de producción ecológica y de pastoreo tienen una menor intensidad de emisiones**, con valores de 0,96 y 1,06 kg CO₂-eq/kg de leche, respectivamente. En las granjas de producción con silo de maíz, la intensidad de las emisiones puede ascender hasta los 1,13 kg CO₂-eq/kg de leche (Figura 4.13). No obstante, estos resultados han sido publicados en una web de divulgación sectorial¹⁵ y no se han podido contrastar detalles metodológicos importantes relacionados con el ACV. Se trata de un trabajo realizado dentro del proyecto EUREL en el que participa la Asociación Galega de Cooperativas Agrarias (AGACA), y que ha sido financiado con fondos FEADER (ver el capítulo 6 sobre proyectos de investigación relevantes).

¹⁵ Campo Galego (<https://www.campogalego.es/pueden-las-granjas-de-leche-reducir-su-huella-de-carbono-sin-dejar-de-ser-productivas/>)

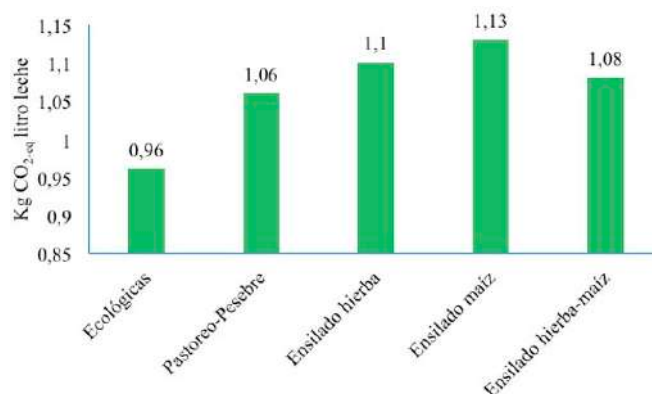


Figura 4.13. Intensidad de las emisiones de GEI de diferentes tipologías de granjas de producción lechera en Galicia.
Fuente: Proyecto EUREL.

Otro estudio similar publicado más recientemente basado en un conjunto de 12 granjas de vacuno de leche españolas (Ibidhi y Calsamiglia 2020), ha estimado que la intensidad de las emisiones de GEI a nivel de granja de vacuno es de 0,84 kg CO₂-eq/kg de leche, estandarizada en términos de su contenido energético (ECM¹⁶). Este mismo estudio señala que **las emisiones de GEI son más elevadas en las explotaciones del mediterráneo (0,98 kg CO₂-eq/kg ECM), intermedia en las de la España central (0,84 kg CO₂-eq/kg ECM) y más bajas en la cornisa cantábrica (0,67 kg CO₂-eq/kg ECM)**. Estos valores son bastante menores que los aportados por Weiss y Leip (2012), discrepancia que no se pueden explicar únicamente por las diferencias de composición de la leche utilizada como unidad funcional. Una posible causa, en parte, es que el análisis de Ibidhi y Calsamiglia (2020) no ha tenido en cuenta los impactos derivados de las actividades asociadas con LULUC.

La contribución de LULUC sí se han considerado en otro estudio de ACV de 12 granjas de bovino de leche de la zona Norte de España (Batalla et al. 2015). Sin tener en cuenta la contribución del secuestro de carbono del suelo en el cálculo, los valores de la intensidad de las emisiones de GEI a nivel de granja de bovino es de entre 2,0 y 5,2 kg CO₂-eq/kg FPMC, siendo el valor promedio cercano al de Weiss y Leip (2012) (Figura 4.7). Como principal conclusión del estudio, cabe destacar que **las explotaciones semi-intensivas con razas bovinas no autóctonas mantenidas en naves tienen una intensidad de emisión de GEI significativamente menor que los sistemas semi-extensivos con razas locales y pastoreo en las tierras altas de las montañas durante el verano**. Sin embargo, no se encontraron diferencias en relación con la leche de oveja de diferentes sistemas y razas, cuando se incluyó el secuestro de carbono del suelo en los cálculos. Este aspecto es coincidente con el análisis de Weiss y Leip (2012), quienes han cuantificado la capacidad de secuestro de carbono debida al uso del suelo (LU) en unos -0,3 kg CO₂-eq/kg leche de oveja, con un contenido graso del 7% (Figura 4.7). Por tanto, **es imprescindible incluir aspectos relacionados con el secuestro de carbono del suelo en los cálculos de la huella de carbono de la leche**, especialmente en los sistemas basados en el pastoreo. Desafortunadamente, a día de hoy no existe un consenso sobre la metodología a aplicar en la cuantificación de la fijación de carbono asociada al uso del suelo, con lo que resulta complicado comparar directamente este apartado en los distintos estudios publicada hasta ahora.

¹⁶ *Energy Corrected Milk*: Leche corregida en términos energéticos con un contenido de 3.5% de grasa y 3.1% de proteína.

METODOLOGÍAS PARA LA MEDIDA DE LOS GEI EN EL SECTOR LÁCTEO

inlac

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA



5. METODOLOGÍAS PARA LA MEDIDA DE LOS GEI EN EL SECTOR LÁCTEO

El sector lácteo en su globalidad, tanto los ganaderos como la industria de procesado, ha sido un sector pionero a la hora de reconocer la necesidad de calcular de forma precisa las emisiones de GEI para sus sistemas de producción y los productos obtenidos. Esto ha llevado al compromiso de la mayoría de organizaciones intersectoriales con organismos especializados en cuestiones de sostenibilidad ambiental. Como se ha visto en el capítulo anterior, existe una amplia bibliografía sobre la cuestión de las emisiones de GEI asociadas al sector lácteo. No obstante, **la variedad de datos de partida, metodologías aplicadas, y la consecuente diversidad de resultados obtenidos, ha puesto en evidencia algunas incoherencias** que podrían crear la falsa impresión de que la industria no está participando activamente en la preocupación del cambio climático. Adoptar métodos de medición y cálculo de las emisiones basados en el mayor consenso técnico y científico es fundamental para identificar prácticas que reduzcan las emisiones de GEI y, en definitiva, para transmitir un mensaje claro que refuerce la reputación del sector. En este capítulo se hace una revisión y resumen de las metodologías más relevantes para este propósito.

5.1. Estimación y/o medida de las emisiones de GEI

Durante los últimos años se han desarrollado una amplia gama de técnicas para medir o predecir las emisiones de GEI en el sector lácteo con distintos niveles de escala y precisión (Rotz 2018). La estimación parcial o global de las emisiones de la granja debe contemplar las diversas fuentes de emisión tanto de forma individualizada como, para capturar los efectos combinados y las interacciones de todos los procesos relevantes (Figura 5.1). Normalmente, esto se consigue mediante la asignación de tasas o **factores de emisión** (por ejemplo, cantidad de gas emitida por cantidad de deyección generada, por superficie de emisión difusa, o por animal, y por unidad de tiempo), en base a datos teóricos convenientemente validados, o determinados directamente de forma empírica. Los modelos más simples, basados únicamente en factores de emisión y relaciones empíricas, tienden a proporcionar mejores herramientas para la toma de decisiones a nivel de granja, mientras que las simulaciones más complejas de modelización dinámica sirven para la investigación y el desarrollo de políticas ambientales.

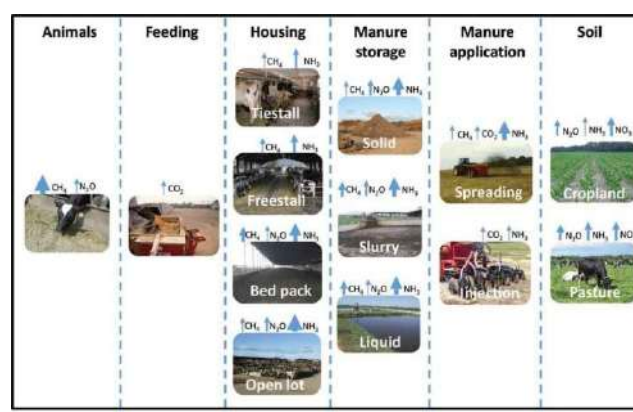


Figura 5.1. Principales fuentes directas e indirectas de emisiones de GEI y NH₃, e importancia relativa (flechas de diferentes tamaños) emitidas por las granjas lecheras. Fuente: Rotz (2018).

En general, los modelos existentes para la cuantificación de la emisión de GEI en la granja que, de acuerdo con la revisión de Rotz (2018), se clasifican en cuatro categorías principales:

1. **Factores de emisión constantes:** Consiste en asignar un valor de referencia de emisiones a una unidad de producción del sistema, en función de la categoría del animal o sistema productivo en general, independientemente de las condiciones específicas de producción. Este método, es apropiado para obtener una primera estimación de las emisiones, debido a su simplicidad, y el IPCC define esta aproximación como Tier 1 (primer nivel). Para las emisiones de origen entérico de vacas lecheras altamente productivas (7.410 kg de leche por vaca y año, en promedio) alimentadas con forraje y grano de alta calidad en Europa occidental, el IPCC asigna un factor Tier 1 de emisión 126 kg de CH₄ por vaca y año (Zhongming et al. 2019). En relación con las emisiones de CH₄ durante la gestión de las deyecciones, el Tier 1 del IPCC establece un factor de emisión que depende de valores tabulados en función de la temperatura ambiental y del sistema productivo (Tabla 5.1). Este factor de emisión está referenciado a la tasa de excreción expresada en sólidos volátiles (SV), siendo el valor de referencia para Europa occidental de 6,7 kg SV por cada 1.000 kg de peso vivo del animal y día.

Tabla 5.1. Resumen de la aplicabilidad de los niveles metodológicos (Tier) definidos por el IPCC para estimar las emisiones de GEI. Fuente: Zhongming et al. (2019).

Sistema productivo	Sistema de almacenamiento	Factor de emisión del CH ₄ (g-CH ₄ /kg-SV)	
		Clima templado húmedo	Clima templado seco
Alta productividad	Lacunaje anaerobio sin cubrir	117,4	122,2
	Balsa de purines (almacenamiento > 1 mes)	59,5	65,9
	Estiércol sólido	6,4	6,4
	Dry lot	2,4	2,4
	Esparcido diario	0,8	0,8
	Digestión anaerobio (valorización del biogás)	3,7	3,7
	Quema	16,1	16,1
Baja productividad	Lacunaje anaerobio sin cubrir	63,6	66,2
	Balsa de purines (almacenamiento > 1 mes)	32,2	35,7
	Estiércol sólido	3,5	3,5
	Dry lot	1,3	1,3
	Esparcido diario	0,4	0,4
	Digestión anaerobio (valorización del biogás)	9,5	9,5
	Quema	8,7	8,7

2. **Factores de emisión variables:** La emisión de GEI varían en función de los procesos subyacentes, y que son más o menos específicos de cada sistema productivo, por lo que se han desarrollado métodos para la estimación de factores de emisión variables más precisos. Estos factores, que el IPCC define como Tier 2, son el resultado de funciones matemáticas que dependen de una serie de parámetros. La fórmula de cálculo Tier 2 para las emisiones de CH₄ entéricas depende de la ingesta bruta de energía, y el porcentaje de energía bruta de la dieta que se convierte en metano. Una versión simplificada de la formula anterior se basa en la materia seca ingerida, y un factor para su conversión a CH₄. Un metanálisis de 89 estudios publicados realizado por Liu et al. (2017) ha propuesto ampliar el enfoque de Tier 2 del IPCC al desarrollar un factor de conversión de CH₄ basado en la energía metabolizable. Por otra parte, la fórmula Tier 2 del factor de emisión del CH₄ durante la gestión de las deyecciones depende de la tasa de excreción, que varía en función de la especie animal, la capacidad máxima de producción de CH₄ de las deyecciones (potencial bioquímico metanogénico, que se puede determinar de forma empírica), factores de conversión de CH₄ en función del sistema de gestión de las deyecciones y la región climática, y la fracción de las deyecciones que es gestionada en la granja, en función de la especie animal y del tipo de tratamiento.
3. **Modelos empíricos o estadísticos:** Son relaciones empíricas donde un proceso se describe como una función

de múltiples factores. Se trata pues de modelos puramente estadísticos basados en datos medidos, que no aportan ninguna comprensión sobre los procesos subyacentes. Se han desarrollado modelos estadísticos que relacionan la emisión de CH₄ entérico con el consumo de materia seca, energía bruta, energía metabolizable, fibra detergente ácida (ADF), hemicelulosa, celulosa, almidón, etc. Muchos de estos modelos han utilizado relaciones lineales, que no son necesariamente robustas para predecir las emisiones más allá de los límites de los datos a partir de los cuales se han desarrollado. El poder predictivo de los modelos empíricos mejora cuando se han utilizado relaciones no lineales, como es el caso del desarrollado por Mills et al. (2003).

4. **Modelos mecanicistas de simulación:** Son modelos que normalmente son más detallados y complejos, capaces de simular procesos con base a las leyes de la física (conservación de la masa y la energía) y que, consecuentemente, pueden aportar una explicación causal de los resultados predichos que es de gran ayuda para su interpretación. Por ejemplo, en el caso de la fermentación entérica, se trata de un proceso complejo que difícilmente se puede sintetizar de forma precisa mediante una única ecuación. Para una mejor comprensión de los diversos procesos involucrados y sus interacciones en la producción de emisiones gaseosas, se requiere una simulación dinámica del proceso. Sin embargo, un modelo con este nivel de detalle puede ser engorroso para su uso práctico a nivel de granja, por lo que su uso suele estar restringido al ámbito de la investigación.

Tabla 5.2. Resumen de la aplicabilidad de los niveles metodológicos (Tier) definidos por el IPCC para estimar las emisiones de GEI. Fuente: Zhongming et al. (2019).

Nivel	Descripción
Tier 1:	Enfoque simplificado que se basa en factores de emisión predeterminados, establecidos en base a la literatura, extrapolados o calculados usando métodos de Tier 2. Adecuado para la mayoría de las especies animales en países donde la fermentación entérica no es una fuente de emisiones clave, o donde no se dispone de datos suficientes para una mejor caracterización.
Tier 1a:	Es un Tier 1 más avanzado, aplicable a países que tienen sistemas de producción en el que coexisten sistemas de baja y alta productividad, o cuyos sistemas de producción están en un estadio de transición entre la baja a alta productividad. Se usan factores de emisión predeterminados adaptados en función de las poblaciones de animales de alta y baja productividad para relacionar las emisiones con la mejora de la productividad.
Tier 2:	Enfoque más complejo que requiere datos detallados específicos de cada país sobre la ingesta bruta de energía y los factores de conversión de metano para categorías específicas de ganado. El método de Nivel 2 debe usarse si la fermentación entérica es una fuente de emisiones clave, para la categoría de animales que representa una gran parte de las emisiones totales del país.
Tier 3	Algunos países para los cuales las emisiones de la ganadería son particularmente importantes pueden ir más allá del Tier 2 e incorporar información adicional específica en sus estimaciones. Este enfoque puede emplear nuevos modelos más sofisticados que consideren la composición de la dieta en detalle, la concentración de productos que surgen de la fermentación, la variación estacional en la población animal o la calidad y disponibilidad del alimento, y las posibles estrategias de mitigación. Estas estimaciones deben derivarse de mediciones experimentales directas. Un método de Tier 3 debe estar sujeto a un amplio grado de revisión internacional por pares, como ocurre en las publicaciones científicas, para garantizar la exactitud y/o la precisión de las estimaciones.

Los modelos de simulación empíricos o mecanicistas más complejos suelen aplicarse para la categoría de estimación de las emisiones de GEI Tier 3. De hecho, para la estimación de las emisiones procedentes de la fermentación entérica de los rumiantes, el IPCC recomienda el uso de las metodologías Tier 2 o Tier 3 (Tabla 5.2). Es importante mencionar que la modelización de las fuentes de emisión individuales tiene un valor limitado hasta que esos modelos se integren para evaluar sistemas de producción completos. Existen interacciones entre las fuentes, por lo que el todo no es igual

a la suma de las partes. Por ejemplo, las emisiones de C y N del sistema de alojamiento controlarán las cantidades de estos compuestos que pasan al almacenamiento y la aplicación en el campo. Cuando se pierde más C o N en los primeros procesos, se transfieren menos nutrientes a los procesos posteriores y, por lo tanto, se reducen las emisiones posteriores. Las prácticas de alimentación y manejo también afectan los diversos procesos de manera diferente, por lo que se requiere una evaluación integral del sistema completo para cuantificar la emisión total de la granja. Los diferentes modelos disponibles a día de hoy presentan importantes diferencias en cuanto a su diseño y metodologías en las que están basados, y el principal propósito para su aplicación (Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Modelos numéricos para la estimación de las emisiones de GEI de las granjas lecheras. Fuente: Adaptado y ampliado de Rotz (2018).

Nombre	Descripción	Objetivo	Desarrollador
GLEAM	Entorno SIG que simula las actividades y procesos bio-físicos de las cadenas de suministro de la ganadería siguiendo la metodología de análisis de ciclo de vida (https://www.fao.org/gleam/)	Investigación y apoyo a la toma de decisiones	FAO
AgRE Calc	Calculadora basada en factores de emisión que determina la huella de C de varios tipos de granjas, incluida las de leche (http://www.agrecalc.com)	Apoyo a la toma de decisiones y formación	SAC Consulting, Reino Unido
COMET-Farm	Factores de emisión y modelo de proceso, principalmente para estimar el secuestro de C y las emisiones de varios tipos de granjas, incluida las de leche (http://cometfarm.nrel.colostate.edu/)	Apoyo a la toma de decisiones	USDA/Natural Resource Conservation Service, Colorado State University, EEUU
Cool Farm Tool	Herramienta de contabilidad de C basada en factores de emisión para una amplia gama de sistemas de cultivo e incluye un componente de ganado lechero (https://coolfarmtool.org/)	Apoyo a la toma de decisiones y formación	Cool Farm Alliance, Reino Unido
DairyGEM	Herramienta de simulación de procesos y factores de emisión que estima las emisiones de GEI, NH ₃ y otros gases y la huella de C de los sistemas de producción de lácteos (https://www.ars.usda.gov/northeast-area/uppa/pswmru/docs/dairy-gas-emissions-model/)	Formación y apoyo a la toma de decisiones	USDA-Agricultural Research Service, University Park, EEUU
DairyMod	Simulación de procesos biofísicos de sistemas lecheros pastoriles que predicen la dinámica de GEI, incluidas las emisiones directas e indirectas y el balance de C del suelo (http://imj.com.au/dairymod/)	Investigación y formación	IMJ Consultants, Dairy Australia, University of Melbourne, Australia
DairyWise	Modelo empírico que simula los procesos técnicos, ambientales y financieros en una granja lechera que incluye ciclos y pérdidas de N y P, emisiones de GEI y uso de energía (Schils et al. 2007)	Investigación y formación	Wageningen UR, Países Bajos
FarmAC	Factores de emisión relacionados con el proceso representan los flujos de C y N en las explotaciones agrícolas y ganaderas y cuantifican los GEI, el secuestro de C en el suelo y las pérdidas de N en el medio ambiente (http://www.farmac.dk/)	Formación y apoyo a la toma de decisiones	Aarhus University, Dinamarca
FASSET	Simulación de procesos para evaluar las consecuencias de los cambios en las regulaciones, la gestión, los precios y los subsidios en la producción agrícola, la rentabilidad, las pérdidas de nitrógeno, el consumo de energía y las emisiones de GEI (http://www.fasset.dk/)	Investigación	Aarhus University, Dinamarca
Holos	Factores de emisión basados en procesos estiman todas las fuentes directas e indirectas importantes de emisiones de GEI de las operaciones ganaderas (http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/results-of-agricultural-research/holos/?id=1349181297838)	Formación, apoyo a la toma de decisiones, e investigación	Agriculture and Agri-Food Canada

Tabla 5.3. Modelos numéricos para la estimación de las emisiones de GEI de las granjas lecheras. Fuente: Adaptado y ampliado de Rotz (2018).

Nombre	Descripción	Objetivo	Desarrollador
IFSM	Simulación de todos los procesos de la granja relacionados con el rendimiento, la economía y los impactos ambientales, incluidas las emisiones de GEI directas e indirectas y la huella de C (https://www.ars.usda.gov/northeast-area/up-pa/pswmru/docs/integrated-farm-system-model/)	Investigación y formación	USDA-Agricultural Research Service, University Park, EEUU
ManureDNDC	Simulación de procesos biogeoquímicos del suelo y el estiércol que producen emisiones de GEI y NH3 (http://www.dndc.sr.unh.edu/)	Investigación	University of New Hampshire, EEUU
MELODIE	Simulación dinámica de los flujos de C, N, P, Cu, Zn y agua dentro de los piensos, pastos, cultivos y estiércol (Chardon et al. 2012)	Formación y apoyo a la toma de decisiones	French National Institute for Agricultural Research, INRA, Francia
SIMS(Dairy)	Simulación de procesos de los efectos de la gestión, el clima y las propiedades del suelo sobre las pérdidas de N, P y C junto con la rentabilidad, la biodiversidad, la calidad del suelo y el bienestar animal (Del Prado et al. 2011)	Formación e investigación	BC3-Basque Centre for Climate Change, España



5.2. Análisis del ciclo de vida

La evaluación o análisis del ciclo de vida (LCA, del inglés *life cycle assessment*) es una metodología para evaluar los impactos ambientales asociados con todas las etapas del ciclo de vida de un producto, proceso o servicio comercial. Por ejemplo, en el caso de un producto manufacturado, los impactos ambientales se evalúan desde la extracción y procesamiento de la materia prima (cuna), pasando por la fabricación, distribución y uso del producto, hasta el reciclaje o disposición final de los materiales que lo componen (tumba). Es por este motivo que el LCA se suele citar que abarca “de la cuna a la tumba”. Un estudio de LCA implica la **realización de un inventario completo de la energía y los materiales que se requieren a lo largo de la cadena de valor de la industria del producto**, proceso o servicio, analizado, y calcula las emisiones correspondientes al medio ambiente. El LCA, por lo tanto, evalúa los impactos ambientales potenciales acumulativos con el objetivo de documentar y mejorar el perfil ambiental general del producto en cuestión.



Los procedimientos para realizar un LCA se incluyen en la serie 14000 de estándares de gestión ambiental de la Organización Internacional de Normalización (ISO). En concreto, los documentos marco del LCA son las normas internacionales ISO 14040 (principios y marco de referencia para el LCA) e ISO 14044 (requisitos y directrices para el LCA). Esta última norma ha actualizado y reemplazado la ISO 14041 (definición del objetivo y alcance y el análisis de inventario), ISO 14042 (evaluación de impacto del ciclo de vida), e ISO 14043 (interpretación del ciclo de vida). La ISO 14040 e ISO 14044 han sido adoptadas en España por AENOR como UNE-EN ISO 14040¹⁷ y UNE-EN ISO 14044¹⁸. En lo relativo a la cuantificación de GEI, el LCA también pueden cumplir con otros sistemas de estandarización como los definidos por parte de la *Publicly Available Specification* (PAS 2050) y el *GHG Protocol Life Cycle Accounting and Reporting Standard* (PAS 2012, WBCSD y WRI 2011).

En resumen, y de acuerdo con estas normas técnicas definidas por la norma UNE-EN ISO, el LCA debe constar necesariamente de cuatro fases fundamentales (Figura 5.1):

5. **Definición del objetivo y el alcance del estudio:** El LCA debe iniciarse con la definición del objetivo y el alcance del estudio, así como el modo en que los resultados se van a presentar. El objetivo y el alcance deben ser coherentes e incluir información técnica, como por ejemplo la unidad funcional, los límites del sistema, y las hipótesis empleadas. De acuerdo con las pautas del estándar ISO LCA, el alcance del estudio debe describir los siguientes puntos:

¹⁷ <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0038060>

¹⁸ <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060852>

- Sistema de productos: Conjunto de materiales y procesos que se necesitan para realizar una función específica y están dentro de los límites del sistema del estudio.
 - Unidad funcional: Cuantificación del producto o servicio entregado por el sistema en unidades que proporcionan una referencia con la que se pueden relacionar las entradas y salidas, y que permite su comparación con bienes alternativos.
 - Flujo de Referencia: Cantidad de materia prima y energía que se necesita para realizar la unidad funcional.
 - Límite del sistema: Delimitación de qué procesos deben incluirse en el análisis de un sistema de productos. El límite del sistema debe estar de acuerdo con el objetivo declarado del estudio.
 - Supuestos y limitaciones: Mención de todas las decisiones relacionadas con las suposiciones e hipótesis asumidas a lo largo del estudio que puedan influir en los resultados finales.
 - Calidad de los datos: Especificación de los tipos de datos incluidos en el estudio y las limitaciones a las que están sujetos. De acuerdo con la ISO 14044, deben documentarse las siguientes consideraciones de calidad de los datos: cobertura temporal, geográfica, y tecnológica, precisión, exhaustividad y representatividad de los datos, consistencia y reproducibilidad de los métodos utilizados, fuentes de datos, incertidumbre de la información y lagunas identificadas en los datos.
 - Procedimiento de asignación: Clasificación de las entradas y salidas de un producto, necesaria para los procesos que producen múltiples productos o co-productos (multifuncionalidad de un sistema de productos). La ISO 14044 presenta una jerarquía de soluciones para tratar los problemas de multifuncionalidad, ya que la elección del método de asignación para los co-productos puede afectar significativamente los resultados de un LCA.
 - Evaluación de impacto: Resumen de las categorías de impacto identificadas que son de interés para el estudio, y descripción de la metodología seleccionada utilizada para calcular los impactos respectivos. En concreto, los resultados se expresan como un sistema de puntuación para categorías de impacto tales como la toxicidad humana, smog, calentamiento global y eutrofización.
 - Documentación de los datos: Registro de todas las entradas/salidas (flujos individuales) utilizadas en el estudio. Esto es necesario para proporcionar una representación transparente de los datos seleccionados en relación con la elección del límite del sistema, el sistema del producto, la unidad funcional, etc.
6. **Elaboración de inventarios**: En esta fase se recopilan y cuantifican las entradas y salidas resultantes del sistema del producto en cuestión durante su ciclo de vida en forma de inventario (LCI, de *life cycle inventory*). Estos incluyen las entradas de materias primas, energía, y las salidas del proceso como emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales, residuos sólidos y subproductos. Estos datos se recopilan para todas las actividades dentro de los límites del sistema, incluyendo las cadenas de suministros (conocidas como entradas de la tecnosfera). De acuerdo con la norma ISO 14044, un LCI debe documentarse siguiendo los siguientes pasos: (a) preparación de la recopilación de datos basada en el objetivo y el alcance; (b) recopilación de datos; (c) validación de datos, incluso si provienen de otros trabajos; (d) asignación de datos, cuando sea necesario; (e) relación de los datos con el proceso unitario; (f) relación de los datos con la unidad funcional; y (g) agregación de los datos. El resultado de la elaboración de un LCI es la compilación de los flujos de materia y energía de todos los procesos en los sistemas de productos estudiados. Idealmente deben utilizarse fuentes primarias, esto es, datos procedentes de medidas fisicoquímicas realizadas en los procesos in-situ.

7. **Evaluación del impacto:** La evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA, de *life cycle impact assessment*) busca determinar la significancia potencial de los impactos basados en los resultados del LCA. Esta fase debe contemplar la selección de las categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización; la clasificación y asignación de resultados del LCA a las categorías de impacto seleccionadas; y la medición del impacto (caracterización) según el cálculo de los resultados de indicadores de categoría. El LCIA puede contemplar adicionalmente la normalización, agrupación, ponderación, i el análisis de la calidad de los datos. Las normas UNE-EN ISO 14040 y 14044 exigen los siguientes pasos obligatorios para completar una LCIA:

- Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización: Deben seleccionarse múltiples impactos que abarquen "un conjunto integral de problemas ambientales". Los impactos deben ser relevantes para la región geográfica del estudio y su selección debe ser debidamente justificada. En la práctica, existen diversos métodos de LCIA disponibles (TRACI, ReCiPe, AWARE, etc.).
- Clasificación de los resultados del inventario: Los resultados del LCI se asignan a las categorías de impacto elegidas en función de sus efectos ambientales conocidos. En la práctica, esto a menudo se completa utilizando bases de datos LCI y software de LCA. Las categorías de impacto comunes incluyen el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, la acidificación, la toxicidad humana, etc.
- Caracterización de los resultados: Transformación cuantitativamente de los resultados del LCI dentro de cada categoría de impacto a través de factores de caracterización (también denominados factores de equivalencia) para crear indicadores de categoría de impacto. El objetivo principal de este paso es convertir todos los flujos clasificados para un impacto en unidades comunes para su comparación. Por ejemplo, para el Potencial de Calentamiento Global, la unidad generalmente se define como CO₂-eq (CO₂ equivalentes).

En muchos LCA, la caracterización concluye el análisis LCIA, ya que es la última etapa obligatoria de acuerdo con la norma ISO 14044. Sin embargo, la norma ISO proporciona los siguientes pasos opcionales que, en función de los objetivos del estudio, pueden realizarse además de los pasos obligatorios mencionados anteriormente:

- Normalización de resultados: Los resultados de LCIA se pueden expresar con respecto a un sistema de referencia elegido. A menudo se elige un valor de referencia separado para cada categoría de impacto, para dar una perspectiva temporal y espacial: por zona geográfica, persona, sector industrial u otro sistema de productos o escenario de referencia de referencia.
- Agrupación de resultados de LCIA: Clasificación de los resultados del LCIA en un solo grupo o en varios grupos según se defina en el objetivo y el alcance del estudio. Debe tenerse en cuenta que, el agrupamiento es subjetivo y puede dar lugar a inconsistencias entre estudios.
- Ponderación de las categorías de impacto: Permite que los estudios agreguen puntuaciones de distintos impactos en un único indicador para una fácil comparación. No obstante, la ponderación es muy subjetiva y se basa en los criterios de las partes interesadas. Hay tres categorías principales de métodos de ponderación: el método del panel, el método de monetización y el método objetivo. ISO 14044 generalmente desaconseja la ponderación. Si se decide ponderar los resultados, también deben presentarse los resultados no ponderados para aportar una mayor transparencia.

8. **Interpretación de los resultados:** Finalmente, los resultados del LCI y el LCIA se resumen durante la fase de interpretación, en la que se recogen un conjunto de conclusiones y recomendaciones. Para ello debe comprobarse y evaluarse la información de los resultados esté alineada con los objetivos y alcance del estudio, y la literatura disponible. Las conclusiones finales del estudio deben ser objetivas y coherentes, y también se deben plantear las limitaciones del mismo. Según ISO 14043, la interpretación debe incluir los siguientes puntos: (a) la identificación de problemas significativos basados en los resultados de las fases LCI y LCIA de un LCA; (b) la evaluación del estudio considerando controles de integridad, sensibilidad y consistencia; (c) las conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

A pesar de la definición y estandarización del marco metodológico, **existe una variedad de métodos de LCA que intentan cuantificar los resultados desde diferentes puntos de vista**. Entre estos métodos destacan dos tipos principales: el LCA atribucional y el LCA consecuencial. El **LCA atribucional** tiene por objetivo atribuir las cargas asociadas con la producción y el uso de un producto, o con un servicio o proceso específico, por un período temporal identificado. En cambio, el **LCA consecuencial** busca identificar los efectos sobre el medio ambiente de una decisión o un cambio propuesto en un sistema en estudio. Por lo tanto, el LCA consecuencial está orientado hacia el futuro y requiere que se tengan en cuenta las implicaciones económicas y de mercado. En otras palabras, el LCA atribucional intenta responder a la pregunta sobre “cómo son los flujos de materia y energía, y como se intercambian entre procesos para la manufactura de un producto determinado, dentro de una ventana temporal elegida”, mientras que la respuesta del LCA consecuencial se centra en “cómo cambiarán los flujos más allá del sistema inmediato en respuesta a las decisiones”, por lo que la aproximación consecuencial puede ser útil cuando se evalúan estrategias de reducción o mitigación.

Se está desarrollando también un tercer tipo de LCA, denominado **LCA social** que, con un enfoque distinto, pretende evaluar las posibles implicaciones e impactos sociales y socioeconómicos (Garrido 2017). La evaluación del ciclo de vida social (SLCA) es una herramienta útil para que las empresas identifiquen y evalúen los impactos sociales potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o servicio sobre las partes afectadas (trabajadores, comunidades locales, consumidores, etc.). El SLCA se enmarca en las Directrices para la Evaluación del Ciclo de Vida Social de los



productos definida por la *UNEP/SETAC Life Cycle Initiative* (Benoît Norris et al. 2013). La metodología del SLCA se basa en las Directrices de Responsabilidad Social definidas en la UNE-EN ISO 26000:2021¹⁹ y en la guía de la *Global Reporting Initiative* (GRI)²⁰. La GRI es una organización internacional independiente de estándares que ayuda a empresas, gobiernos y otras organizaciones a comprender y comunicar sus impactos en temas como el cambio climático, los derechos humanos y la corrupción.

Otras variantes metodológicas del LCA hacen referencia a la definición total o parcial de los límites del sistema en los que se realiza el LCA (Figura 5.2):

1. **De la cuna a la tumba (*cradle to grave*):** Se trata de un LCA convencional completo, que abarca desde la extracción de recursos (cuna) hasta la fase de uso y la fase de eliminación (tumba) en el análisis de un producto o servicio determinado. Todas las entradas y salidas se consideran para todas las fases del ciclo de vida del producto en cuestión.
2. **De la cuna a la puerta (*cradle to gate*):** Es un LCA parcial de un producto, desde la extracción de recursos (cuna) hasta la salida de una de las etapas de su ciclo de vida (generalmente antes de su distribución y consumo). En este caso, se omiten la fase de uso y la fase de eliminación del producto. En algunos casos en que la producción implica sectores muy distintos, como por ejemplo el ganadero y el de transformación industrial y, como en el caso de la producción de leche, la puerta suele ubicarse a menudo en la salida de la granja.

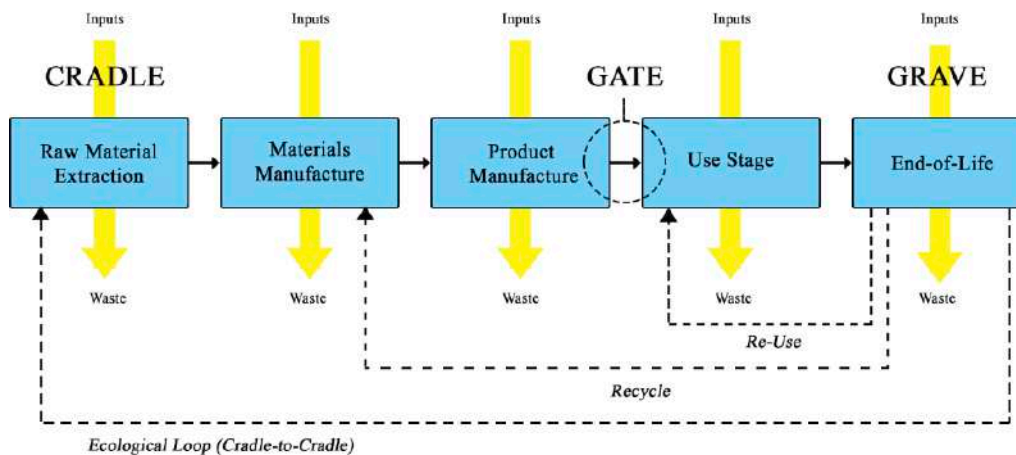


Figura 5.2. Diagrama de la cadena de valor implicada en un LCA, y distinción entre los límites de un análisis de la cuna a la tumba (*cradle to grave*) y de la cuna a la puerta (*cradle to gate*). Fuente: Wikimedia.

5.2.1. La metodología del LCA en el sector lácteo

Uno de los principales documentos sobre la **metodología de referencia disponible para la determinación de la huella de carbono del sector lácteo** ha sido elaborada por encargo del *Standing Committee on Environment* (SCENV) de la *International Dairy Federation* (IDF 2015). Esta guía fue publicada por primera vez en 2010 con la participación activa

¹⁹ <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0065396>

²⁰ <https://www.globalreporting.org/>

de la FAO y la *Sustainable Agriculture Initiative Platform* (SAI). Desde entonces, el documento ha sido revisado regularmente para incorporar los avances científicos, nuevos estándares en la evolución de las metodologías, además de las experiencias en el uso de la guía por parte de la industria láctea.

El propósito de la guía del IDF es el de proporcionar un **enfoque atribucional para calcular la huella de carbono** tanto de la producción lechera, tanto en el ámbito ganadero como el de la transformación industrial. Se basa en buena medida en las pautas definidas en la guía elaborada por el *Livestock Environmental Assessment and Performance* (LEAP) de la FAO (2016). La metodología desarrollada abarca el análisis “desde la cuna hasta la salida de la granja o la fábrica”, en lugar del habitual “la cuna a la tumba”, para distintos productos lácteos (no incluye el transporte ni los impactos de minoristas ni de los consumidores; Figura 5.3). También identifica puntos críticos donde existe un mayor potencial para reducir las emisiones de GEI, en función de su magnitud y de la facilidad de actuación, y adopta un enfoque que se puede aplicar a nivel global, tanto en los países en desarrollo como en aquellas economías más avanzadas.

Cabe también destacar que la guía del IDT se ha elaborado con la visión de incorporar el conocimiento existente. También incorpora los criterios establecidos por las organizaciones que ya están involucradas en mejorar la estandarización de la metodología LCA, como por ejemplo la ISO mencionada anteriormente, la British Standards Institution (BSI), el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y el World Resources Institute (WRI), así como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y la ya mencionada Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

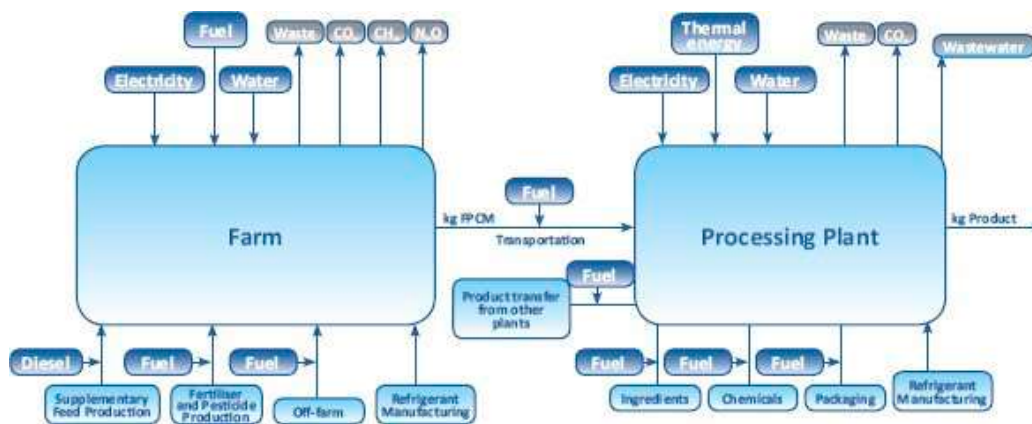


Figura 5.3. Diagrama de los flujos de entrada y salida, y procesos considerados en la guía del IDT.

En concordancia con la metodología del LCA, la guía del IDF establece que primero se defina un mapa de procesos que debe contemplar las siguientes etapas se deben realizar las siguientes etapas:

- Definir dónde comienza y termina el proceso que se está estudiando: Supone establecer claramente los límites del sistema a analizar y definir todos los procesos relevantes que en él tienen lugar (Figura 5.3).
- Definir la unidad funcional: Si un estudio se lleva a cabo a nivel de la granja (de la cuna a la puerta), la unidad funcional debe ser 1 kilogramo de leche corregida por grasa y proteína (FPCM). El uso del FPCM asegura una comparación justa entre granjas con diferentes razas o regímenes de alimentación. El FPCM se calcula multiplicando la producción de leche por la relación entre el contenido de energía de la leche y

el contenido de energía de la leche estándar con un 4 % de grasa y un 3,3 % de proteína verdadera, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{FPCM (kg/año)} = \text{Producción (kg/año)} \times [0,1226 \times \text{grasa (\%)} + 0,0776 \times \text{proteína (\%)} + 0,2534]$$

- Identificar todas las actividades y flujos involucrados en el proceso: Incluyendo las relacionadas con posibles pérdidas y la generación de cualquier producto secundario, coproducto o subproducto, que en el caso del sector lácteo pueden ser importantes (p. ej. carne y pieles de los animales, fertilizantes, bioenergía, etc.).
- Cuantificar todos los insumos y salidas del sistema: Desde su origen hasta su eliminación, este aspecto es especialmente importante en relación a los insumos relativos a los cultivos para la alimentación animal, y la gestión de las deyecciones ganaderas.

5.3. Métodos de cálculo de la huella ambiental de producto

Actualmente, se estima que **existen en el mundo más de 400 ecoetiquetas en los productos de consumo** disponibles en el mercado²¹. La gran dispersión de iniciativas disminuye la credibilidad de este tipo de etiquetaje, genera una gran confusión en el consumidor, y potencian el *greenwashing* (blanqueamiento no fundamentado de la imagen de sostenibilidad de un producto o empresa). Por otra parte, muchas de estas etiquetas están basadas en la metodología del LCA explicada en el apartado anterior. Sin embargo, debido a la amplia aplicabilidad de este método y la falta de estandarización, existe un gran margen para la definición de las condiciones de análisis e interpretación de los resultados que pueden afectar la consistencia y comparabilidad de tales estudios.

Como respuesta al reto de la variabilidad en el ecoetiquetaje, la Comisión Europea ha promovido la “**iniciativa sobre el mercado único para los productos verdes**”²². Su objetivo es el de crear un marco armonizado a nivel de la Unión Europea para que pueda desarrollarse un mercado debidamente organizado de los productos que son ambientalmente responsables. Para ello se está desarrollando la metodología conocida como Huella Ambiental de Producto (PEF, del inglés *product environmental footprint*). La metodología para la evaluación de la sostenibilidad de un producto mediante el PEF también puede hacerse extensiva a empresas y organizaciones, en lo que se conoce como la Huella Ambiental de Organización (OEF, *organisation environmental footprint*).

El objetivo último del PEF/OEF es el de **establecer una metodología estandarizada, validada, y transparente que permita evaluar y comparar la sostenibilidad ambiental de bienes de consumo** y servicios disponibles en el mercado (PEF), y de las empresas y organizaciones (OEF), desde una visión que sea útil para todos los agentes implicados en la cadena de valor de la que forman parte, incluido el consumidor final. Este nuevo marco metodológico facilita que se puedan alcanzar los siguientes beneficios:

3. La reducción del impacto ambiental negativo del sistema productivo.

²¹ <https://eco-intelligent.com/2020/07/18/are-more-ecolabels-better/>

²² <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/index.htm>

4. La optimización del proceso de producción e identificación de áreas problemáticas.
5. La simplificación de la comunicación entre empresas (B2B), y de éstas con los consumidores (B2C).
6. La disminución de los costes asociados a la difusión de la evaluación del desempeño ambiental.
7. El ahorro de los costes asociados al análisis medioambiental.

La implementación del PEF/OEF es una forma efectiva de promover modelos de negocio basados en la sostenibilidad, en la medida que hace posible que el desempeño ambiental de las empresas sea medible y comunicable de acuerdo con un procedimiento estandarizado. También facilita que los consumidores reconozcan y valoren los productos y las empresas en base a criterios de sostenibilidad transparentes y creíbles.

Para conocer de forma detallada la metodología detrás del PEF y del OEF, la CE ha publicado sendas guías técnicas^{23,24}. En resumen, estas metodologías se basan en buena medida en el análisis del ciclo de vida (LCA), pero establecen una serie de requisitos específicos adicionales y especificaciones estandarizadas:

1. **Límite del sistema:** Se cubre por defecto todo el ciclo “de la cuna a la tumba” de un producto, a menos que excepcionalmente se defina de otra forma. Por el contrario, los LCA clásicos varían en sus métricas según el objetivo y el alcance del estudio.
2. **Métodos de evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA):** Existe un conjunto estandarizado de métodos LCIA, mientras que en LCA se pueden identificar diferentes variantes, lo que a su vez complica la comparación de LCA.
3. **Consideraciones para la fase de fin de vida:** El requisito de la norma ISO 14044 sólo establece que se debe considerar la fase de fin de vida útil, p. ej. la eliminación o el reciclaje de un producto. El PEF/OEF proporciona un enfoque más concreto y proporciona fórmulas para los distintos procesos de fin de vida.
4. **Metodología uniforme:** El PEF/OEF está sujeto a unas normas estrictas que son válidas en toda la Unión Europea. En primer lugar, se han definido las Reglas de Categoría de Huella Ambiental de Producto (PEFCR, *Product Environmental Footprint Category Rules*) en colaboración con empresas de diversos sectores. De forma análoga, para las organizaciones se ha definido las Reglas Sectoriales de Huella Ambiental de Organización (OEFSR, *Organisation Environmental Footprint Sector Rules*).

La historia del proceso de desarrollo e implementación del PEF/OEF se puede dividir en cuatro fases:

1. **Fase preparatoria (2008-2013):** En mayo de 2013 la CE publicó en su diario oficial²⁵ los estándares para la definición de las PEFCR y las OEFSR.
2. **Fase piloto (2013-2019):** Primera prueba práctica de PEFCR en proyectos piloto para reajustes y especificaciones adicionales²⁶.
3. **Fase de transición (2019-2021):** Aplicación de las PEFCR a mayor escala e implementación de un etiquetado uniforme.
4. **Fase de implementación (a partir de 2021):** Decisión sobre dónde y cuándo se requiere PEF por ley y comunicación de los resultados al público.

²³ <https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/footprint/PEF%20methodology%20final%20draft.pdf>

²⁴ https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/footprint/OEF%20Guide_final_July%202012_clean%20version.pdf

²⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=OJ%3AL%3A2013%3A124%3ATOC>


²⁶ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgrp/ef_pilots.htm

5.3.1. *Calculo de la huella de producto en el sector lácteo*

Durante la fase de proyectos para la realización de pruebas práctica del PEFCR, se constituyó un piloto para el sector lácteo. Este proyecto fue coordinado por la European Dairy Association (EDA) y los miembros de la secretaría técnica de mismo estuvo constituida por 15 grandes empresas del sector²⁷ (Actalia, Alliance for Beverage Cartons and the Environment (ACE), Bel Group, CGDD, CLS, CNIEL/ATLA, Constantia Flexibles International GmbH, Danone, DMK, European Container Glass Federation (FEVE), Fonterra, Friesland-Campina, IDF, Institut Français d'Eelvage, Quantis, y REWE Group. Los trabajos de este grupo se iniciaron en junio de 2014 y, después de una fase de consultas que estuvo abierta hasta el 29 de julio de 2016, el 9 de setiembre de 2016 publicaron el borrador de PEFCR para el sector. Actualmente se está a la espera de la aprobación de este borrador para su uso en estudios de implementación.

²⁷ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/Fiche_dairy.pdf





METODOLOGÍAS PARA LA MEDIDA DE LOS GEI EN EL SECTOR LÁCTEO

inlac

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA

6. PROYECTOS REALIZADOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO APLICABLES AL SECTOR LÁCTEO

Los proyectos e iniciativas de I+D recogidas en esta sección se han obtenido tras consultar varias bases de datos de entidades financiadoras públicas (principalmente a nivel de la Unión Europea, del gobierno central de España, y los gobiernos autonómicos). A pesar de no ser un listado exhaustivo, se han identificado un total de 49 proyectos, finalizados recientemente (durante la última década) o todavía en desarrollo, en los que “cambio climático”, “gases de efecto invernadero”, y “sector lácteo” son palabras clave relevantes. Los proyectos identificados se han clasificado en dos tablas que se encuentran en el anejo del presente documento: los que están financiados por entidades europeas (Tabla 10.1), y los que financiados por entidades a nivel nacional (Tabla 10.2). La mayoría de los proyectos identificados se encuadran en alguna de las siguientes categorías temáticas principales: biorefinería y/o valorización subproductos, especialmente las deyecciones ganaderas, y la mitigación y adaptación al cambio climático, mediante la implementación de buenas prácticas productivas y nuevas tecnologías.

6.1. Gestión del ciclo de los nutrientes

Algunos proyectos actualmente en desarrollo (por ejemplo, CIRCULAR AGRONOMICS y ClieNFarms) evalúan distintas estrategias de reducción del impacto ambiental mediante casos de estudio o demostrativos. Las soluciones exitosas se documentan en un catálogo accesible de soluciones de mitigación climática en el sector agrícola. Proyectos ya finalizados (por ejemplo, Agromix, ANIMALCHANGE, Batfarm, CANTOGETHER, y BAT-SUPPORT) tienen como objetivo el impulsar la transición hacia un uso resiliente y eficiente de la tierra, evaluando soluciones agroecológicas prácticas para la gestión agrícola y territorial y las cadenas de valor relacionadas. Definen formas de modernizar las prácticas agrícolas y agroforestales mixtas, evaluando su potencial para liderar la transición hacia cadenas alimentarias más resilientes y sistemas sostenibles de uso de la tierra.

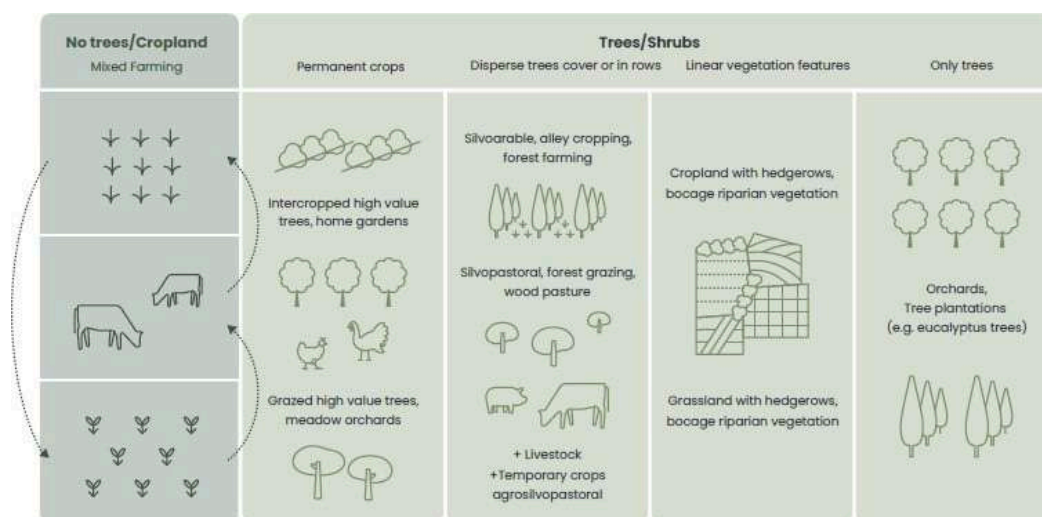


Figura 6.1. Clasificación de agrosistemas e integración de la ganadería vacuna, basada en datos disponibles de LUCAS (*The Land-Use Change Analysis System*). Fuente: Proyecto Agromix.

En varios proyectos (por ejemplo, CANTOGETHER, AGROMIX, y CIRCULAR AGRONOMICS) se evalúa el impacto de sistemas agrícolas mixtos (SFM²⁸) y la distribución regional de nutrientes, la disponibilidad de materia orgánica en el suelo o la mejora de la calidad del agua (Martin et al. 2016, Marton et al. 2016, Regan et al. 2017). Se recomiendan los sistemas integrados de producción agrícola y ganadera para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y reducir las emisiones de GEI en los sistemas agrícolas mixtos (Figura 6.1). En los sistemas extensivos de rumiantes, la prioridad es mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes tanto para aumentar el rendimiento de los cultivos (mejores condiciones de almacenamiento de las deyecciones ganaderas, el uso específico de nutrientes de éstas, desarrollo de almacenamiento anaeróbico) como para reducir las emisiones de GEI por unidad de producto animal (mejores razas de animales, mejoras en nutrición animal a través de la intensificación de pastos). En sistemas intensivos de rumiantes, mejorar la capacidad de almacenamiento y contención de las deyecciones ganaderas es un tema clave. La contención también es un problema en la producción ganadera intensiva a gran escala, donde las emisiones de NH₃ en particular representan una amenaza para los entornos naturales y la salud humana, además de ser una fuente indirecta de N₂O. Con los sistemas intensivos, el desequilibrio entre los nutrientes de las deyecciones y la capacidad de la tierra disponible para reciclar nutrientes de origen orgánico también es un desafío, ya que la aplicación de N por encima de los requisitos de los cultivos aumenta el potencial de acumulación de nitrato en el agua subsuperficial, y las emisiones atmosféricas de NH₃ y N₂O.

6.2. Cálculo de la huella de carbono

En proyectos como BovINE, ECOLAC o Sustainable Dairy, evalúan la huella de carbono a nivel de la explotación ganadera (emisiones entéricas y durante el manejo de las deyecciones, huella de carbono de los piensos y del consumo energético) y su compensación mediante la captura de carbono y la gestión sostenible de los pastos permanentes. También proponen cerrar el ciclo de los nutrientes en la granja, reduciendo las entradas y pérdidas de nutrientes (mediante la gestión de las deyecciones). En BovINE evalúan y comparan las herramientas existentes para calcular la sostenibilidad medioambiental de las explotaciones de ganado vacuno. En Sustainable Dairy, definen varios modelos matemáticos²⁹ para estimar las emisiones de GEI en los sistemas de producción lechera, utilizando datos y observaciones sobre los sistemas de producción con la aplicación de un lenguaje matemático para predecir el impacto de sistemas similares. En ECOLAC desarrollan una herramienta software que permite realizar la evaluación de impactos ambientales en base a la metodología de LCA³⁰. Los principales beneficios de la herramienta son: (a) la evaluación del impacto ambiental utilizando la metodología propuesta por la Unión Europea para el cálculo de la huella ambiental del producto; (b) simplifica la recolección de datos productivos debido a que es posible vincular la herramienta con otros sistemas de gestión de la empresa (p. ej. SAP), y conseguir una importación de datos directa; (c) ecodiseño de nuevos productos gracias al análisis y comparación de hipotéticos escenarios de mejora con el fin de orientar la toma de decisiones hacia las estrategias con menor impacto ambiental; y (d) la evaluación de costes económicos del ciclo de fabricación (cálculo de los costes de los recursos energía, agua, materias primas y materiales de envase), y de la gestión de residuos y aguas residuales necesarios para la fabricación del producto.

²⁸ Las definiciones de sistemas agrícolas mixtos (SFM) pueden diferir con respecto a los límites del sistema en una evaluación por LCA, a nivel de finca o región. Los SFM en finca se caracterizan por la presencia de dos o más sectores agrícolas en una finca, como la cría de animales y la agricultura de labranza. Para contar como SFM, la gestión de las producciones debe estar parcial o totalmente integrada. El SFM entre fincas se refiere a la cooperación y/o uso compartido de la tierra por dos o más fincas especializadas. Un ejemplo de cooperación es el intercambio de estiércol y paja. La distinción entre SFM en finca y entre fincas ofrece la posibilidad de evaluar el impacto de la SFM en la calidad ambiental regional.

²⁹ El campo específico de los modelos incluye un modelo a escala animal: sistema neto de carbohidratos y proteínas de Cornell (CNCPS); varios modelos a escala de campo a cuenca hidrográfica: DNDC-field, APEX, APEX-EPIC y DAYCENT; un Modelo de Gestión de Estiércol: DNDC y Estiércol-DNDC; y un Modelo a Escala de Granja, Modelo de Sistema Agrícola Integrado (IFSM). Estos modelos de proceso se evaluarán más a fondo contra los resultados monitoreados en el año 3 del proyecto. <http://www.sustainabledairy.org/About/Projects/Pages/Modeling.aspx>

³⁰ <http://www.lifeecolac.es/es-es/Proyecto/Resultados>

6.3. Mejores técnicas disponibles

Otros proyectos compilan las técnicas disponibles para ganadería intensiva; por ejemplo, en el proyecto BAT-SUPPORT recopilaron las MTD para elaborar un BREF³¹. Otros proyectos, por ejemplo Batfarm³², desarrollan una herramienta de cálculo del efecto de una MTD sobre LOS consumos de pienso, agua y energía, la producción animal (peso vivo, huevos, leche), las emisiones de NH₃ y GEI, la producción y composición de las deyecciones, y los nutrientes en el suelo tras su aplicación. En varios proyectos, desarrollan y/o evalúan estrategias para mitigar emisiones GEI. Las prácticas más nombradas en los proyectos analizados para la mitigación de emisión de GEI son:

1. **Manipulación de la dieta y equilibrio de nutrientes:** La dieta tiene un efecto directo sobre las emisiones de CH₄ de la fermentación entérica y un efecto indirecto sobre las emisiones de CH₄ durante el almacenamiento de las deyecciones ganaderas. La disminución de la digestibilidad de los nutrientes de la dieta aumenta la concentración de materia orgánica en las deyecciones, lo que a su vez puede aumentar las emisiones de CH₄ durante su almacenamiento. El efecto de las dietas sobre la desnitrificación y la emisión de N₂O está relacionado con el balance de proteínas animales. Un exceso de proteína en la dieta aumentará el N excretado en el estiércol y la emisión de N₂O después de la aplicación al suelo. La inclusión de algunos compuestos naturales (como taninos de leguminosas del pasto, por ejemplo del trébol de patas de pájaro) en la dieta puede aumentar la proporción de N excretado como N orgánico por las heces y reducir la excreción de urea en la orina, reduciendo así el potencial de NH₃ y las emisiones de N₂O. Sin embargo, tales cambios en la dieta también pueden afectar el suministro de proteína animal.
2. **Cobertura de estiércol sólido durante el almacenamiento:** Cubrir el estiércol sólido durante el almacenamiento con paja o una lámina de plástico reduce respectivamente un -42% y -11% las emisiones de N₂O, y un -45% y -50% las emisiones de CH₄ (en comparación con el estiércol descubierto en equivalentes de CO₂). Sin embargo, diferentes estudios reportan tanto una reducción (-17% a -98%) como un aumento (+111%) en las emisiones de CH₄ y N₂O después de cubrir el estiércol sólido con una lámina de plástico. Cubrir las pilas de estiércol también puede reducir las emisiones de NH₃.
3. **Compostaje del estiércol sólido:** Durante el compostaje, los microorganismos en condiciones aerobias y exotérmicas transforman la materia orgánica degradable en CO₂ y agua. Este proceso tiene varios beneficios para el manejo del estiércol, el control de olores, la humedad del estiércol y el control de patógenos, la estabilización de la materia orgánica, etc. El compost del estiércol sólido se puede utilizar como lecho en los sistemas de producción lechera para reducir los costos de producción y brindar comodidad a las vacas. La aireación puede reducir las emisiones de CH₄, pero aumenta las emisiones de N₂O y NH₃. El estiércol puede dejarse intacto durante el proceso de compostaje, girarse mecánicamente, o ser activamente aireado. Las emisiones combinadas de CH₄ y N₂O son generalmente más bajas después de la aireación forzada y el volteo en comparación con el compostaje pasivo.
4. **Control de la temperatura de almacenamiento de los purines:** Una mayor temperatura ambiente y un mayor contenido de humedad de las deyecciones ganaderas favorecen las emisiones de CH₄. Se ha descubierto que el

³¹ BREF for Intensive Rearing of Poultry and Pigs <https://www.ktbl.de/themen/eu-project-bat-support>

³² <https://www.intiasa.es/es/batfarm-software.html?lang=es> ES#%C2%BFqu%C3%A9-calcula


enfriamiento de los purines debajo de los pisos de rejilla a 10°C reduce las emisiones de CH₄ en un 30-46 % en comparación con la situación sin enfriamiento. La eficacia dependerá del potencial metanogénico de los purines, pero los estudios encuentran reducciones significativas (50-86%) en las emisiones de GEI de los alojamientos cuando se combina con el vaciado frecuente de las fosas.

5. **Cobertura de purín durante el almacenamiento:** Las cubiertas de purines durante el almacenamiento se adoptan principalmente para reducir las emisiones de NH₃. Las emisiones de N₂O del estiércol líquido son insignificantes durante el almacenamiento sin costra superficial. Pueden desarrollarse potenciales de nitrificación y desnitrificación y dar lugar a emisiones de N₂O si la corteza se seca y entra oxígeno en la corteza. Los valores informados muestran que cubrir los purines (de ganado vacuno o porcino) con una cubierta sólida o con una cubierta de paja a menudo da como resultado emisiones de CH₄ más bajas (de -28% a +37% con cubierta de paja y de -70% a -14 % con cubierta sólida), mayores emisiones de N₂O (+57% a +100% con cubierta de paja y -50% a +30% con cubierta sólida) y, en general, una reducción de las emisiones totales de GEI en equivalentes de CO₂ en comparación con los purines no cubiertos.
6. **Separación fisicoquímica de los purines:** La separación de los purines es un proceso en el que una fracción de las partículas en suspensión se aíslan mediante uno de varios procesos de separación mecánica y/o precipitación química. El almacenamiento de la fracción líquida resultante puede originar emisiones de N₂O más bajas que las del purín no tratado si se evita la formación de costras. Sin embargo, las emisiones de N₂O de la fracción sólida durante el almacenamiento pueden ser altas y, por lo tanto, las emisiones totales de N₂O durante el almacenamiento pueden aumentar significativamente después de la separación sin medidas adicionales. En la mayoría de los casos, el almacenamiento separado de las fracciones líquidas y sólidas después de la separación del purín ha resultado en menores emisiones de CH₄. Del mismo modo, las emisiones combinadas de CH₄ y N₂O del almacenamiento de ambos productos de separación por lo general, pero no siempre, han sido más bajas que las del purín no tratado. La separación de los purines requiere medidas adicionales para lograr la mitigación de GEI durante el almacenamiento posterior: cubrir las fracciones sólidas y líquidas o la digestión anaeróbica de la fracción sólida.
7. **Digestión anaerobia:** La digestión anaerobia optimiza la metanogénesis a partir de las deyecciones ganaderas. La materia orgánica degradable se transforma en biogás (principalmente CO₂ y CH₄), que es un gas combustible que puede ser un sustituto de combustibles fósiles. También reduce el potencial de emisiones de CH₄ durante el almacenamiento posterior de las deyecciones, pero la microflora metanogénica enriquecida del digerido continuará produciendo CH₄ a altas tasas durante la fase de enfriamiento y almacenamiento de éste. Las emisiones de CH₄ deben recolectarse para retener el potencial de mitigación de GEI. Los estudios muestran una reducción en CH₄ (-32% a -68%) y en las emisiones de GEI en equivalentes de CO₂ (-14% a -59%) del almacenamiento de estiércol digerido en comparación con el estiércol de ganado no tratado.
8. **Aireación de los purines:** Los estudios han reportado importantes niveles de reducción en la emisión de CH₄ (entre -35% y -99%) con la aireación de purines. Sin embargo, la aireación también resulta en un aumento de la emisión de N₂O (en un +144%). El potencial general de volatilización del NH₃ también es alto durante la aireación. Por lo tanto, se necesitan medidas para conservar el nitrógeno durante la aireación para asegurar la mitigación de GEI a través de este tratamiento.
9. **Uso de aditivos y acidificación de los purines:** Los aditivos químicos modifican el entorno químico del purín y pueden alterar la formación de CH₄ y N₂O, reportándose reducciones en la emisión de CH₄ del 47%-64%, en función del tipo de aditivo. En 2012, alrededor del 10% del volumen total de purines en Dinamarca se acidificó a

un pH de alrededor de 6 mediante varias tecnologías. La acidificación también reduce notablemente las emisiones de NH_3 de los purines durante su almacenamiento.

10. **Aplicación agronómica de las deyecciones:** Las emisiones de CH_4 después de esparcir las deyecciones en la tierra son insignificantes en relación con las grandes pérdidas durante el almacenamiento y por la fermentación entérica. Las medidas para reducir las emisiones de N_2O después de la dispersión en la tierra incluyen la elección del método y la optimización de la tasa de aplicación, para satisfacer los requisitos del cultivo teniendo en cuenta las interacciones complejas con el tipo de suelo y la humedad del suelo. La elección de la técnica de aplicación de las deyecciones parece tener poco impacto en las emisiones directas de N_2O , las emisiones indirectas debidas a las emisiones de NH_3 , y la lixiviación de nitratos. Hay un aumento exponencial de las emisiones de N_2O cuando las tasas de aplicación de nitrógeno superan requerimientos de nitrógeno del cultivo. Se ha demostrado que el momento adecuado de la aplicación influye en las emisiones directas e indirectas de N_2O .
11. **Uso de inhibidores de la nitrificación:** Se han desarrollado inhibidores de la nitrificación sintéticos para promover la absorción del nitrógeno por parte de las plantas al reducir las pérdidas por lixiviación o desnitrificación del NH_3 . La investigación se ha reenfocado para considerar principalmente los efectos de los inhibidores de la nitrificación en las emisiones directas e indirectas de N_2O de las enmiendas de nitrógeno al suelo. Los estudios de laboratorio han demostrado que se produce una mayor inhibición de N_2O que los estudios de campo, seguramente porque las condiciones del suelo, las variaciones de temperatura o la lixiviación/escorrentía después de una lluvia excesiva reducen el efecto de los inhibidores de la nitrificación. La eficiencia de los inhibidores de la nitrificación disminuye linealmente con la temperatura del suelo por encima de 10°C (mayores tasas de nitrificación y rápida degradación de los inhibidores de la nitrificación).





BUENAS PRÁCTICAS/
MÉTODOS PARA
REDUCIR LAS
EMISIONES DE GEI

inlac

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA

7. BUENAS PRÁCTICAS/MÉTODOS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GEI

Se entiende por buena práctica una acción o conjunto coherente de acciones que resultan en un buen servicio en un determinado contexto, y que se espera que en contextos similares rinda similares resultados. Desde la perspectiva del ámbito de la sostenibilidad, **una buena práctica productiva es aquella que es técnicamente viable y asumible, o que incluso comporta un beneficio directo en el ámbito de su viabilidad económica y social, a la vez que disminuye el impacto ambiental** del proceso o conjunto de procesos en la que se aplica. Una buena práctica puede ser considerada **mejor técnica disponible (MTD)** cuando se ha verificado de forma clara que conlleva una mejora ambiental, que se adecua al proceso productivo en el que está inserida, y que es técnicamente y económicamente viable (Figura 7.1).

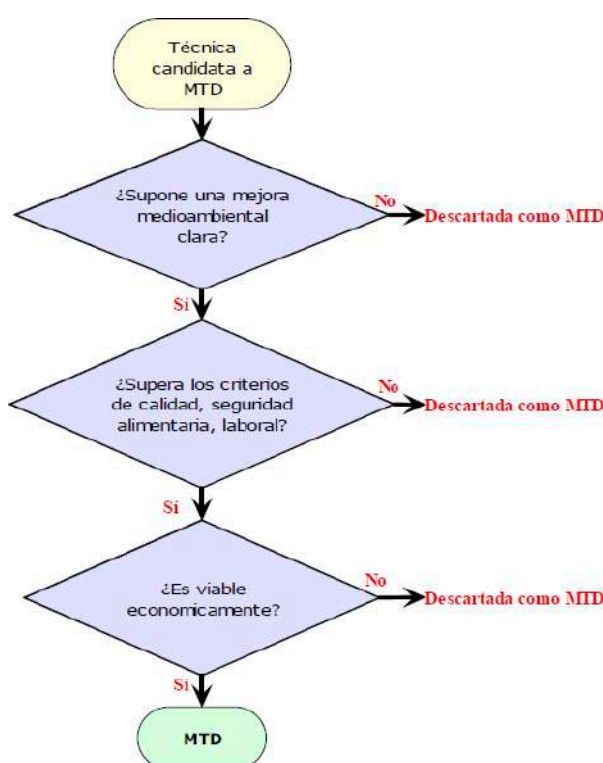


Figura 7.1. Diagrama de los flujos para la definición de una práctica como mejor técnica disponible. Fuente: MMA y MAPA (2005).

El concepto de MTD facilita enormemente la implementación de medidas de control ambiental a nivel normativo en un amplio rango de sectores productivos, tal como se define en la Directiva de Emisiones Industriales 2010/75/UE³³ (prevención y control integrados de la contaminación) a través de los documentos de referencia elaborados por el JRC sobre las mejores técnicas disponibles (BREF, del inglés *Best Available Techniques Reference Document*)³⁴. En el año 2017 se publicó el documento BREF para la Cría Intensiva de Aves o Cerdos (Santonja et al. 2017). A día de hoy este es el único documento BREF en el ámbito de la ganadería motivo por el cual, en algunos aspectos (especialmente la

³³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>

³⁴ <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

gestión, tratamiento y aplicación de las deyecciones), también se utiliza como referencia en otras cabañas ganaderas como es el caso del vacuno de leche. Contrariamente, en el ámbito de la industria de transformación láctea, en el 2019 se ha publicado el BREF para las industrias de alimentación, bebida y leche (Santonja et al. 2019). En esta sección se han compilado un conjunto de buenas prácticas aplicables dentro de la granja y en la industria de transformación láctica, partiendo de documentos existentes en la bibliografía.

7.1. Buenas prácticas a nivel de granja

Por causa de la ausencia de un BREF específico para el sector ganadero de leche, la información sobre buenas prácticas se encuentra dispersa en la bibliografía científica y técnica. El informe de revisión realizado conjuntamente por el IRTA y INLAC (Prenafeta-Boldú et al. 2021) sobre las MTD potenciales aplicables en el ámbito ganadero, recopila un total de 16 buenas prácticas sobre las que existen evidencias cuantitativas de los niveles de reducción de las emisiones de NH₃ y/o GEI. A su vez, éstas se desglosan en 46 acciones específicas susceptibles de ser consideradas como MTD. En función del punto de aplicación dentro de la explotación ganadera, estas buenas prácticas se clasifican en cinco grandes grupos: gestión nutricional, control de las emisiones durante el alojamiento del ganado, control de las emisiones en el almacenamiento y procesado de las deyecciones, y control de las emisiones durante la valorización agronómica de las deyecciones ganaderas. Existe una categoría adicional de MTD relacionadas con la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental, y con la Monitorización de los insumos, productos, residuos y emisiones. Estas últimas categorías son genéricas para todo tipo de industrias y se detallan en las secciones 7.2.1 y 7.2.2. En este apartado se detallan las MTD que son específicas del ámbito ganadero.

7.1.1. Gestión nutricional

Las estrategias basadas en la gestión nutricional pretenden adaptar la composición de los piensos y raciones al máximo a los requisitos de los animales en distintas etapas de producción, reduciendo en consecuencia la cantidad de nutrientes, en concreto del nitrógeno y del fósforo (Tabla 7.1) derivados de los alimentos no digeridos y catabolizados, y que son finalmente excretados con las deyecciones ganaderas. Esta adaptación se puede conseguir con el ajuste del aporte de estos nutrientes, generalmente de la proteína cruda, o mediante la suplementación con aditivos que mejoren la digestibilidad o que actúan directamente sobre las emisiones de las deyecciones generadas. Algunas de las MTD propuestas son relativamente generalistas, pero deberán tenerse en cuenta las especificidades fisiológicas propias de los rumiantes para su aplicación al vacuno de leche.

Tabla 7.1. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD para el sector de la ganadería de producción láctica basadas en la gestión nutricional. Fuente: Prenafeta-Boldú et al. (2021).

MTD 1: En explotaciones intensivas de vacuno, implementar una estrategia nutricional orientada a reducir el nitrógeno excretado, satisfaciendo las necesidades de los animales. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

1.1 Alimentación por fases

1.2. Reducción del contenido de proteínas de la dieta

1.3. Aumento del contenido de polisacáridos sin almidón del pienso

MTD 2: En explotaciones intensivas de vacuno, implementar una estrategia nutricional orientada a reducir la emisión de gases de efecto invernadero. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 2.1. Mejora de la dieta mediante mayor aporte de concentrado o forraje de calidad
- 2.2. Suplementación de la dieta con lípidos de origen vegetal
- 2.3. Uso de alimentos proteicos producidos localmente u obtenidos a partir de subproductos
- 2.4. Mejorar la conservación de forrajes y ensilados

MTD 3: En explotaciones extensivas o semi-extensivas, realizar una gestión de los pastos optimizada para reducir las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 3.1. Disminuir el tiempo de estabulación del ganado aumentando el período de pastoreo
- 3.2. Incorporar plantas leguminosas entre las especies pratenses

MTD 4: Ajustar continuamente el aporte de nutrientes a las necesidades de cada animal mediante técnicas de alimentación de precisión.

MTD 5: Integrar las estrategias nutricionales con la selección genética de animales más productivos.

MTD 6: En explotaciones intensivas o semi-intensivas de vacuno, utilizar aditivos autorizados en las dietas animales que reduzcan las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero, sin que afecten negativamente a la salud animal ni a la salubridad y calidad de los productos obtenidos. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 6.1. Utilización de aditivos autorizados que reduzcan el nitrógeno excretado y/o volatilizado
- 6.2. Utilización de aditivos autorizados que reduzcan la formación de metano en el rumen
- 6.3. Uso de aditivos y probióticos que actúan sobre el desarrollo ruminal en las edades tempranas del animal

7.1.2. *Control de las emisiones durante el alojamiento del ganado*

Dentro de esta categoría se engloban todas aquellas buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD que se implementan en el interior de las naves, y que conllevan un beneficio directo o indirecto (ahorro de recursos, o una mayor eficiencia productiva) en relación con una menor emisión de NH₃ y GEI. Estas abarcan desde medidas de ahorro de agua y energía, mejoras en el diseño y la ventilación de las naves, mejorar la gestión de las deyecciones dentro de las naves, y de un manejo más eficiente de los animales (Tabla 7.2).

Tabla 7.2. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD para el sector de la ganadería de producción láctica basadas en el control de las emisiones durante el alojamiento del ganado. Fuente: Prenafeta-Boldú et al. (2021).

MTD 7: Reducir las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero en el aire de los alojamientos de los animales. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 7.1. Mejoras en el diseño de las superficies
- 7.2. Mejoras en la ventilación y en el aislamiento del techo
- 7.3. Instalación de sistemas de tratamiento de gases

MTD 7b: Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de forma indirecta, mediante la generación y distribución de energías renovables. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 7.4. Implementación de sistemas de generación eléctrica fotovoltaica y/o minieólica
- 7.5. Implementación de sistemas de producción de biometano para su inyección en red

MTD 8: Hacer una buena gestión de las deyecciones sólidas (estiércol) en los alojamientos de los animales. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 8.1. Incorporación frecuente de paja u otros materiales absorbentes a la cama
- 8.1. Manejo de las deyecciones sólidas mediante el método de la cama compostante



MTD 9: Hacer una buena gestión de las deyecciones líquidas (purines) en los alojamientos de los animales. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 9.1. Evacuación frecuente de los purines de las fosas
- 9.2. Separación de la orina y las heces in-situ
- 9.3. Acidificación de los purines en la fosa
- 9.4. Suplementación de las deyecciones con aditivos
- 9.1. Manejo de los purines mediante la bioacidificación

MTD 10: Implementar un sistema de manejo de los animales que tanga en cuenta su bienestar y salud. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 10.1. Mejoras en la salubridad y prevenir la incidencia de enfermedades y lesiones
- 10.2. Mejorar el bienestar de los animales
- 10.3. Aumentar la longevidad de las hembras reproductoras

7.1.3. Control de las emisiones en el almacenamiento y procesado de las deyecciones

Tal como se ha comentado en la sección introductoria del presente informe, la gestión de las deyecciones animales es una de las principales fuentes de emisiones contaminantes de la explotación ganadera. El manejo del purín y el estiércol condiciona en gran manera aspectos relacionados con el diseño de la granja y, consecuentemente, la variedad de MTD existentes para su implementación (Tabla 7.3). En el caso del sector del vacuno de leche, se pueden diferenciar principalmente tres fases o procesos relacionados con las deyecciones: el almacenamiento en el interior de la nave, el almacenamiento en el exterior, y la retirada o transferencia de las deyecciones entre ellos. Este conjunto de buenas prácticas está relacionado con el diseño, materiales, y manejo de las instalaciones y equipos relacionadas con la gestión de las deyecciones ganaderas.

Tabla 7.3. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD para el sector de la ganadería de producción láctica basadas en el control de las emisiones en el almacenamiento y procesado de las deyecciones. Fuente: Prenafeta-Boldú et al. (2021).

MTD 11: Reducir las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero a la atmósfera, procedentes del almacenamiento de las deyecciones sólidas (estiércol). La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 11.1. Cubrir los montones de estiércol sólido y recoger los lixiviados
- 11.2. Almacenar el estiércol sólido en un cobertizo

MTD 12: Reducir las emisiones de amoníaco a la atmósfera procedentes de las balsas de almacenamiento de deyecciones líquidas (purines). La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 12.1. Cubiertas fijas para balsas de purines
- 12.2. Cubiertas flotantes para balsas de purines
- 12.3. Formación de costra natural
- 12.4. Acidificación de los purines

MTD 13: Reducir las emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero a la atmósfera, procedentes del almacenamiento de las deyecciones sólidas y líquidas mediante la adición de sustancias químicas o productos microbianos.

MTD 14: Tratamiento in situ de las deyecciones ganaderas con técnicas consolidadas. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 14.1. Separación mecánica de los purines
 - 14.2. Compostaje del estiércol
 - 14.3. Digestión anaerobia de purines y estiércol
 - 14.4. Secado solar de purines y estiércol
 - 14.5. Eliminación de nitrógeno por nitrificación-desnitrificación
 - 14.6. Tratamientos innovadores de las deyecciones ganaderas
-

7.1.4. Control de las emisiones durante la valorización agronómica de las deyecciones ganaderas

El esparcimiento de purines y del estiércol, así como sus diferentes fracciones, al suelo como fertilizantes orgánicos es una práctica que se ha aplicado ancestralmente. El objetivo es el de suplementar los nutrientes, fundamentalmente NPK, que son extraídos por los cultivos. Es fundamental que estas aplicaciones se hagan en tiempo, dosis, formato, y forma adecuadas para cubrir las necesidades de los cultivos para que los excedentes no se acumulen en el suelo o se lixivien hacia las aguas superficiales o subterráneas, para su consideración como MTD (Tabla 7.4). Prácticas que han sido muy extendidas, como la aplicación de los purines en abanico, están siendo progresivamente prohibidas (de acuerdo con el Real Decreto 980/2017 por el que se modifican los Reales Decretos 1075/2014, 1076/2014, 1077/2014 y 1078/2014, todos ellos de 19 de diciembre, dictados para la aplicación en España de la Política Agrícola Común, incorporando al ordenamiento jurídico la nueva Reglamentación de la Unión Europea) por causa de las elevadas emisiones sobre el medio ambiente de NH₃, malos olores, y microorganismos que generan. Aunque este aspecto no esté todavía reglamentado, estas prácticas también suelen conllevar una menor emisión de GEI.

Tabla 7.4. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD para el sector de la ganadería de producción láctica basadas en el control de las emisiones durante la valorización agronómica de las deyecciones ganaderas. Fuente: Prenafeta-Boldú et al. (2021).

MTD 15: Implementar sistemas de aplicación agronómica que eviten las emisiones al suelo, al agua, y a la atmósfera de nitrógeno, fósforo, gases de efecto invernadero, y microorganismos patógenos. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 15.1. Aplicación de purines diluidos mediante el riego
 - 15.2. Aplicación de los purines esparciéndolo en bandas
 - 15.3. Inyección de los purines al suelo
 - 15.4. Incorporación directa de las deyecciones sólidas y líquidas tras su aplicación
 - 15.5. Acidificación de los purines previa a su aplicación
 - 15.6. Mejorar el pH del suelo
-

MTD 16: Implementar prácticas agronómicas más sostenibles en el manejo de los cultivos fertilizados con deyecciones ganaderas. La MTD consiste en utilizar una estrategia que incluya alguna de estas técnicas o una combinación de las mismas:

- 16.1. Establecer planes de fertilización
 - 16.2. Uso de fertilizantes orgánicos frente a fertilizantes inorgánicos o de síntesis
 - 16.3. Uso de técnicas de no/mínimo laboreo
 - 16.4. Preservar las superficies de pastoreo/pastoreo rotacional
 - 16.5. Elaboración de fertilizantes de la categoría RENURE
 - 16.6. Sembrar cultivos captadores para recuperar nutrientes excedentarios del suelo
-



7.2. Buenas prácticas a nivel de la industria láctea de transformación

En el ámbito de la transformación láctea, en el año 2003 se publicó la Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Lácteo (MMA y MAPA 2005), gracias a un convenio entre la Federación de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB) y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Por parte de la FIAB había representantes de la Federación Española de Industria láctea (FENIL) y la Asociación Española de Fabricantes de helados (AEFH). Por medio de estas asociaciones se creó un Comité Técnico Sectorial para la elaboración de la Guía, compuesto por expertos del sector y seleccionados por la propia asociación industrial, y se designó como redactor técnico de la misma al Centro Tecnológico AINIA. El documento identifica un total de 38 MTD aplicables al sector lácteo, que se clasifican en cinco grandes grupos: consumo de agua y generación de agua residual, consumo de energía, emisiones atmosféricas, y residuos; las medidas restantes no específicas se han recogido en un último grupo genérico.

Esta primera iniciativa sectorial se ha visto consolidada por la reciente publicación del **BREF sobre las industrias de alimentación, bebida y leche** (Santonja et al. 2019). Este documento establece un total de 24 MTD, 15 de las cuales son genéricas para todos los sectores y 3 son específicas para la transformación láctea. Las MTD propuestas se agrupan en las siguientes categorías: sistemas de gestión ambiental, monitorización, eficiencia energética, consumo de agua y descarga de aguas residuales, emisiones peligrosas, eficiencia en el uso de los recursos, emisiones en el agua, ruido, y olores.

7.2.1. Sistemas de gestión ambiental

Un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es un marco que ayuda a una organización a alcanzar sus objetivos ambientales mediante la revisión constante, la evaluación y la mejora de su comportamiento ambiental. Este proceso dinámico de revisión y evaluación permite identificar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de la organización. El SGA, en sí no determina un nivel de sostenibilidad ambiental que debe ser alcanzado pues cada organización se adapta a sus propios objetivos y metas. Un SGA ayuda a una organización a abordar sus demandas de una manera sistemática y rentable. Este enfoque proactivo puede ayudar a reducir el riesgo de incumplimiento, también puede ayudar a cuestiones no reguladas, como la conservación de la energía, y puede promover un mayor control operacional y la gestión de los empleados. Los elementos básicos de un SGA incluyen:

- Revisar los objetivos ambientales de la organización.
- El análisis de sus impactos ambientales y los requisitos legales.
- El establecimiento de objetivos y metas para reducir los impactos ambientales y cumplir con los requisitos legales ambientales.
- El establecimiento de programas para cumplir con estos objetivos y metas.
- El seguimiento y la medición del progreso en el logro de los objetivos.
- Facilitar la información y competencia ambiental de los empleados.

La aplicación de estos elementos que forman parte de un SGA ha sido reconocida como una MTD de carácter genérico, para todo tipo de explotaciones de empresas, incluidas las explotaciones ganaderas y las industrias de transformación de la leche para la elaboración de productos lácteos (Tabla 7.5).

Tabla 7.5. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de la gestión ambiental. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 1 (genérica para todos los sectores): Con el fin de mejorar el desempeño ambiental general, la MTD consiste en elaborar e implementar un sistema de gestión ambiental (SGA) que incorpore todas las características siguientes:

- 1.1. Compromiso, liderazgo y responsabilidad de la dirección, incluida la alta dirección, para la implementación de un SGA eficaz.
 - 1.2. Un análisis que incluye la determinación del contexto de la organización, la identificación de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, la identificación de las características de la instalación que se asocian con posibles riesgos para el medio ambiente (o la salud humana), así como de las disposiciones legales aplicables. requisitos relacionados con el medio ambiente;
 - 1.3. Desarrollo de una política ambiental que incluya la mejora continua del desempeño ambiental de la instalación;
 - 1.4. Establecer objetivos e indicadores de desempeño en relación con aspectos ambientales significativos, incluida la salvaguarda del cumplimiento de los requisitos legales aplicables;
 - 1.5. Planificar e implementar los procedimientos y acciones necesarios (incluidas acciones correctivas y preventivas cuando sea necesario), para lograr los objetivos ambientales y evitar riesgos ambientales;
 - 1.6. Determinación de estructuras, funciones y responsabilidades en relación con los aspectos y objetivos ambientales y provisión de los recursos financieros y humanos necesarios;
 - 1.7. Garantizar la competencia y la concienciación necesarias del personal cuyo trabajo pueda afectar al comportamiento medioambiental de la instalación (p. ej., proporcionando información y formación);
 - 1.8. Comunicación interna y externa;
 - 1.9. Fomentar la implicación de los empleados en buenas prácticas de gestión ambiental;
 - 1.10. Establecer y mantener un manual de gestión y procedimientos escritos para controlar las actividades con impacto ambiental significativo, así como los registros pertinentes;
 - 1.11. Planificación operativa y control de procesos efectivos;
 - 1.12. Implementación de programas de mantenimiento apropiados;
 - 1.13. Protocolos de preparación y respuesta ante emergencias, incluida la prevención y/o mitigación de los impactos (ambientales) adversos de las situaciones de emergencia;
 - 1.14. Al (re)diseñar una (nueva) instalación o una parte de la misma, la consideración de sus impactos ambientales a lo largo de su vida, que incluye la construcción, el mantenimiento, la operación y el desmantelamiento;
 - 1.15. Implementación de un programa de monitoreo y medición, si es necesario, la información se puede encontrar en el Informe de referencia sobre el monitoreo de emisiones al aire y al agua de las instalaciones de IED;
 - 1.16. Aplicación de benchmarking sectorial de forma periódica;
 - 1.17. Auditorías internas independientes periódicas (en la medida de lo posible) y auditorías externas independientes periódicas para evaluar el desempeño ambiental y determinar si el SGA se ajusta o no a los arreglos planificados y se ha implementado y mantenido adecuadamente;
 - 1.18. Evaluación de las causas de las no conformidades, implementación de acciones correctivas en respuesta a las no conformidades, revisión de la efectividad de las acciones correctivas y determinación de si existen o podrían ocurrir no conformidades similares;
 - 1.19. Revisión periódica, por parte de la alta dirección, del SGA y su idoneidad, adecuación y eficacia continuas;
 - 1.20. Siguiendo y teniendo en cuenta el desarrollo de técnicas más limpias.
-

Tabla 7.5. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de la gestión ambiental. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 2 (genérica para todos los sectores): Con el fin de aumentar la eficiencia de los recursos y reducir las emisiones, la MTD consiste en establecer, mantener y revisar periódicamente (incluso cuando se produzca un cambio significativo) un inventario del consumo de agua, energía y materias primas, así como de los flujos de aguas y gases residuales, así como parte del sistema de gestión ambiental (ver MTD 1), que incorpora todas las características siguientes:

- 2.1. Información sobre los procesos de producción de alimentos, bebidas y leche, incluyendo:
 - a) diagramas de flujo de procesos simplificados que muestren el origen de las emisiones;
 - b) descripciones de técnicas integradas en el proceso y técnicas de tratamiento de aguas y gases residuales para prevenir o reducir las emisiones, incluido su rendimiento.
 - 2.2. Información sobre el consumo y uso del agua (por ejemplo, diagramas de flujo y balances de masa de agua), e identificación de acciones para reducir el consumo de agua y el volumen de aguas residuales (ver MTD 7).
 - 2.3. Información sobre la cantidad y características de las corrientes de aguas residuales, tales como:
 - a) valores medios y variabilidad de caudal, pH y temperatura;
 - b) concentración media y valores de carga de contaminantes/parámetros relevantes (por ejemplo, TOC o DQO, especies de nitrógeno, fósforo, cloruro, conductividad) y su variabilidad.
 - 2.4. Información sobre las características de las corrientes de gases residuales, tales como:
 - a) valores medios y variabilidad de caudal y temperatura;
 - b) los valores medios de concentración y carga de los contaminantes/parámetros pertinentes (p. ej., polvo, TVOC, CO, NOX, SOX) y su variabilidad;
 - c) presencia de otras sustancias que puedan afectar al sistema de tratamiento de gases residuales o a la seguridad de la planta (p. ej., oxígeno, vapor de agua, polvo).
 - 2.5. Información sobre el consumo y uso de energía, la cantidad de materias primas utilizadas, así como la cantidad y características de los residuos generados, e identificación de acciones para la mejora continua de la eficiencia de los recursos (ver por ejemplo MTD 6 y MTD 10).
 - 2.6. Identificación e implementación de una estrategia de seguimiento adecuada con el objetivo de aumentar la eficiencia de los recursos, teniendo en cuenta el consumo de energía, agua y materias primas. El monitoreo puede incluir mediciones directas, cálculos o registros con una frecuencia adecuada. El seguimiento se desglosa al nivel más apropiado (por ejemplo, a nivel de proceso o de planta/instalación).
-

7.2.2. Monitorización

El seguimiento de todos aquellos parámetros relacionados con el consumo de recursos, la productividad, el nivel de emisiones, etc. con una temporalidad adecuada es fundamental para verificar el cumplimiento de la normativa ambiental, pero también para optimizar los procesos productivos para un mayor rendimiento económico. Esta

información también constituye la base para el análisis del desempeño ambiental en metodologías para el cálculo de la huella de carbono. En la Tabla 7.6 se resumen las MTD relacionadas con la monitorización de los flujos de entrada y salida de materiales y energía a nivel industrial.

Tabla 7.6. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de la monitorización. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 3 (genérica para todos los sectores): Para las emisiones relevantes al agua identificadas por el inventario de flujos de aguas residuales (ver MTD 2), la MTD es monitorear los parámetros clave del proceso (p. ej., monitoreo continuo del flujo de aguas residuales, el pH y la temperatura) en ubicaciones clave (p. ej., en la entrada y/o salida del pretratamiento, a la entrada del tratamiento final, en el punto de salida de la instalación).

MTD 4 (genérica para todos los sectores): La MTD consiste en controlar las emisiones al agua con al menos la frecuencia que se indica a continuación y de conformidad con las normas EN. Si las normas EN no están disponibles, la MTD consiste en utilizar normas ISO, nacionales u otras normas internacionales que garanticen el suministro de datos de una calidad científica equivalente.

MTD 5 (genérica para todos los sectores): La MTD es monitorear las emisiones canalizadas al aire con al menos la frecuencia que se indica a continuación y de acuerdo con las normas EN (ver el documento original para consultar el detalle de los parámetros y criterios de calidad establecidos).

1.1.1. Eficiencia energética

El procesado de la leche es intensivo en términos de consumo energético, tanto de a nivel de electricidad como de energía térmica. En las industrias de elaboración de productos lácteos (excepto helados) el consumo de energía eléctrica oscila entre 39-448 kWh por tonelada de leche procesada, y el de energía térmica entre 25-884 kWh por tonelada de leche procesada (MMA y MAPA 2005). La producción de energía térmica, generalmente en forma de vapor, se genera fundamentalmente a partir de combustibles fósiles y puede suponer el 80% del consumo energético total de la industria. En cuanto al consumo de energía eléctrica, la refrigeración puede suponer un 30–40 % del total del consumo de la instalación. Las MTD en este ámbito se centran, por tanto, en aspectos relacionados con la eficiencia energética de compresores, el aislamiento térmico y la cogeneración, así como en la generación de energía a partir de fuentes renovables (Tabla 7.7). Este último punto no estaba contemplado en la Guía de MTD del MMA y el MAPA, hecho que probablemente se debe al contexto menos favorable a este tipo de alternativas cuando fue publicada en el año 2005.

Tabla 7.7. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de la eficiencia energética. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 6 (genérica para todos los sectores): Con el fin de aumentar la eficiencia energética, la MTD consiste en utilizar la MTD 6a y una combinación adecuada de las técnicas comunes enumeradas en la técnica b a continuación:

Técnica	Descripción
a) Plan de eficiencia energética	<p>Un plan de eficiencia energética, como parte del sistema de gestión ambiental (ver MTD 1), implica definir y calcular el consumo de energía específico de la actividad (o actividades), establecer indicadores clave de desempeño anualmente (por ejemplo, para el consumo de energía específico) y la planificación periódica de objetivos de mejora y acciones relacionadas. El plan se adapta a las especificidades de la instalación.</p> <p>Las técnicas comunes incluyen técnicas tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - regulación y control del quemador; - cogeneración; - motores energéticamente eficientes; - recuperación de calor con intercambiadores de calor y/o bombas de calor (incluida la recompresión mecánica de vapor); - encendido eficiente;
b) Uso de técnicas comunes	<ul style="list-style-type: none"> - minimizar la purga de la caldera; - optimizar los sistemas de distribución de vapor; - precalentamiento del agua de alimentación (incluido el uso de economizadores); - sistemas de control de procesos; - reducción de fugas en el sistema de aire comprimido; - reducir las pérdidas de calor por aislamiento; - accionamientos de velocidad variable; - evaporación de efecto múltiple; - uso de energía solar.



MTD 21 (específica para el sector lácteo): Para aumentar la eficiencia energética, la MTD consiste en utilizar una combinación adecuada de las técnicas especificadas en la MTD 6 y de las técnicas que se indican a continuación:

Técnica	Descripción
a) Homogeneización parcial de la leche	La nata se homogeneiza junto con una pequeña proporción de leche desnatada. El tamaño del homogeneizador se puede reducir significativamente, lo que genera ahorros de energía.
b) Homogeneizador de bajo consumo	La presión de trabajo del homogeneizador se reduce mediante un diseño optimizado y, por lo tanto, también se reduce la energía eléctrica asociada necesaria para impulsar el sistema.
c) Uso de	Se utilizan intercambiadores de calor de flujo continuo (por ejemplo, tubulares,

Tabla 7.77. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de la eficiencia energética. Fuente: Santonja et al. (2019).

pasteurizadores continuos	de placas y de marco). El tiempo de pasteurización es mucho más corto que el de los sistemas por lotes.
d) Intercambio de calor regenerativo en la pasteurización	La leche entrante es precalentada por la leche caliente que sale de la sección de pasteurización.
e) Procesamiento de leche a temperatura ultra alta (UHT) sin pasteurización intermedia	La leche UHT se produce en un solo paso a partir de leche cruda, evitando así la energía necesaria para la pasteurización.
f) Secado de varias etapas en la producción de polvo	Se utiliza un proceso de secado por aspersion en combinación con un secador aguas abajo, p. secador de lecho fluidizado.
g) Preenfriamiento de agua helada	Cuando se utiliza agua helada, el agua helada que regresa se preenfria (por ejemplo, con un intercambiador de calor de placas), antes del enfriamiento final en un tanque de acumulación de agua helada con un evaporador de serpiente.

1.1.2. Consumo de agua

El mantenimiento de las condiciones higiénicas en la empresa láctea exige llevar a cabo operaciones de limpieza y desinfección de forma continua. Estas operaciones pueden llegar a suponer, dependiendo del tipo de producto lácteo a elaborar, la mayor parte del consumo de agua, así como un considerable volumen de aguas residuales. En España, el consumo de agua de las industrias de productos lácteos (excepto helados) oscila entre 1 y 11 m³ de agua por tonelada de leche procesada (MMA y MAPA 2005). El 75% de estas empresas tienen un consumo de entre 1 y 6 m³ de agua por tonelada de leche. Para la elaboración de helados, el consumo de agua se encuentra entre los 3,8 y 7,2 m³ de agua por tonelada de producto terminado. En ambos casos, tanto para la elaboración de productos lácteos como de helados, los valores indicados de consumo de agua y de aguas residuales generadas se encuentran entre los rangos de las industrias lácteas europeas. Las MTD aplicables en este ámbito se orientan a la medida y control del consumo, optimización del uso, y al tratamiento y reciclaje de las aguas en los procesos más relevantes (Tabla 7.8).

Tabla 7.78. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de la eficiencia energética. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 7 (genérica para todos los sectores): Para reducir el consumo de agua y el volumen de aguas residuales vertidas, la MTD consiste en utilizar la MTD 7a y una o una combinación de las técnicas b a k que se indican a continuación:

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Tecnologías comunes		
a) Reciclado y/o reutilización del agua	Reciclaje y/o reutilización de corrientes de agua (precedidas o no por el tratamiento del agua), p. para limpieza, lavado, refrigeración o para el propio proceso.	Puede no ser aplicable debido a requisitos de higiene y seguridad alimentaria.
b) Optimización de los flujos de agua	Uso de dispositivos de control, p. fotocélulas, válvulas de flujo, válvulas termostáticas, para ajustar automáticamente el flujo de agua.	
c) Optimización de boquillas y canalizaciones de agua	Uso del número y posición correctos de las boquillas; ajuste de la presión del agua.	La segregación de aguas pluviales no contaminadas puede no ser aplicable en el caso de los sistemas de recogida de aguas residuales existentes.
d) Separación de las corrientes de agua	Las corrientes de agua que no necesitan tratamiento (por ejemplo, agua de refrigeración no contaminada o agua de escorrentía no contaminada) se separan de las aguas residuales que deben someterse a tratamiento, lo que permite el reciclaje de agua no contaminada.	
Tecnologías relacionadas con las operaciones de limpieza		
e) Lavado en seco	Eliminación de la mayor cantidad posible de material residual de materias primas y equipos antes de limpiarlos con líquidos, p. mediante el uso de aire comprimido, sistemas de vacío o catchpots con una cubierta de malla.	Generalmente aplicables
f) Sistema <i>pigging</i> para tuberías	Uso de un sistema hecho de lanzadores, receptores, equipo de aire comprimido y un proyectil (también conocido como "pig", por ejemplo, hecho de plástico o lodo de hielo) para limpiar tuberías. Las válvulas en línea están instaladas para permitir que el pig pase a través del sistema de tuberías y para separar el producto y el agua de enjuague.	

Tabla 7.8. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de la eficiencia energética. Fuente: Santonja et al. (2019).

g) Limpieza a alta presión	Pulverización de agua sobre la superficie a limpiar a presiones de 15 a 150 bar.	Puede no ser aplicable debido a requisitos de salud y seguridad.
h) Optimización de la dosificación de productos químicos y el uso de agua en la limpieza in situ (CIP)	Optimización del diseño de CIP y medición de turbidez, conductividad, temperatura y/o pH para dosificar agua caliente y productos químicos en cantidades optimizadas.	Generalmente aplicables
i) Limpieza con espuma y/o gel a baja presión	Uso de espuma y/o gel de baja presión para limpiar paredes, pisos y/o superficies de equipos.	
j) Diseño y construcción optimizados de equipos y áreas de proceso	Las áreas de equipos y procesos están diseñadas y construidas de manera que facilitan la limpieza. Al optimizar el diseño y la construcción, se tienen en cuenta los requisitos de higiene.	
k) Limpieza del equipo lo antes posible	La limpieza se aplica lo antes posible después del uso del equipo para evitar el endurecimiento de los desechos.	

1.1.3. Generación de residuos y sustancias peligrosas

Los residuos generados en las industrias lácteas son principalmente residuos orgánicos derivados del proceso productivo, residuos de envases y embalajes tanto de materias primas y secundarias como de producto final y, en menor medida, residuos relacionados con las actividades de mantenimiento, limpieza, laboratorio y trabajo de oficina. También se deben considerar los residuos derivados de los procesos de tratamiento de aguas residuales como son las grasas retiradas y los fangos de los sistemas físico-químicos y/o biológicos, así como los productos de limpieza y desinfectantes utilizados en los procesos productivos (Tabla 7.9).

Tabla 7.9. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de los residuos. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 8 (genérica para todos los sectores): Para prevenir o reducir el uso de sustancias nocivas, p. en la limpieza y desinfección, la MTD consiste en utilizar una o una combinación de las técnicas que se indican a continuación:

Técnica	Descripción
a) Selección adecuada de productos químicos de limpieza y/o desinfectantes	Evitar o minimizar el uso de productos químicos de limpieza y/o desinfectantes nocivos para el medio acuático, en particular las sustancias prioritarias contempladas en la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Deben tenerse en cuenta también los requisitos de higiene y

Tabla 7.9. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de los residuos. Fuente: Santonja et al. (2019).

	seguridad alimentaria.
b) Reutilización de productos químicos de limpieza en limpieza in situ (CIP)	Recogida y reutilización de productos químicos de limpieza en CIP. Al reutilizar los productos químicos de limpieza, se tienen en cuenta los requisitos de higiene y seguridad alimentaria.
c) Limpieza en seco	Ver MTD 7e
d) Diseño y construcción optimizados de equipos y áreas de proceso	Ver MTD7j

MTD 9 (genérica para todos los sectores): Para evitar las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono y de sustancias con un alto potencial de calentamiento global por enfriamiento y congelación, la MTD es utilizar refrigerantes sin potencial de agotamiento de la capa de ozono y con un bajo potencial de calentamiento global.

Descripción: Los refrigerantes adecuados incluyen agua, dióxido de carbono o amoníaco.

MTD 22 (específica para el sector lácteo): Con el fin de reducir la cantidad de residuos enviados para su eliminación, la MTD consiste en utilizar una o una combinación de las técnicas que se indican a continuación:

Técnica	Descripción
<i>Técnicas relacionadas con el uso de centrifugas</i>	
a) Funcionamiento optimizado de centrifugas	Funcionamiento de centrifugas según sus especificaciones para minimizar el rechazo de producto.
<i>Técnicas relacionadas con la producción de mantequilla</i>	
b) Aclarado del calentador de nata con leche desnatada o agua	Aclarado del calentador de nata con leche desnatada o agua que luego se recupera y reutiliza, antes de las operaciones de limpieza.
<i>Técnicas relacionadas con la producción de helados</i>	
c) Congelación continua de helado	Congelación continua de helados mediante procedimientos de puesta en marcha optimizados y lazos de control que reducen la frecuencia de paradas.
<i>Técnicas relacionadas con la producción de queso</i>	
d) Minimización de la generación de suero	El suero procedente de la fabricación de quesos de tipo ácido (por ejemplo, requesón, requesón y mozzarella) se procesa lo más rápido posible para reducir

Tabla 7.9. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de los residuos. Fuente: Santonja et al. (2019).

ácido	la formación de ácido láctico.
e) Recuperación y aprovechamiento del suero	El suero se recupera (si es necesario utilizando técnicas como la evaporación o la filtración por membrana) y se utiliza, p. para producir suero en polvo, suero en polvo desmineralizado, concentrados de proteína de suero o lactosa. El suero y los concentrados de suero también se pueden utilizar como alimento para animales o como fuente de carbono en una planta de biogás.

1.1.4. *Uso eficiente de los recursos*

En este apartado se contempla fundamentalmente la recuperación de las materias primas, el reciclaje de algunos subproductos, y la recuperación de productos de valor añadido, a partir del tratamiento de los residuos y subproductos generados durante la manufactura de los productos derivados de la leche. Este último apartado incluye la valorización energética de la materia orgánica mediante la generación de biogás, y la recuperación de nutrientes con valor fertilizante en la agricultura (Tabla 7.10).



Tabla 7.10. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito del uso eficiente de los recursos. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 10 (genérica para todos los sectores): Con el fin de aumentar la eficiencia de los recursos, la MTD consiste en utilizar una o una combinación de las técnicas que se indican a continuación.:

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
a) Digestión anaerobia	Tratamiento de residuos biodegradables por microorganismos en ausencia de oxígeno, dando como resultado biogás y digestato. El biogás se utiliza como combustible y el digestato se puede utilizar como fertilizante.	Puede no ser aplicable debido a la cantidad y/o naturaleza de los residuos.
b) Uso de residuos	Los residuos se utilizan como alimento para animales.	Puede no ser aplicable debido a requisitos legales.
c) Separación de residuos	Separación de residuos utilizando protectores contra salpicaduras, pantallas, aletas, colectores, bandejas de goteo y canales colocados con precisión.	Generalmente aplicable.
d) Recuperación y reutilización de residuos del pasteurizador	Los residuos del pasteurizador se devuelven a la unidad de mezcla y, por lo tanto, se reutilizan como materias primas.	Sólo aplicable a productos alimenticios líquidos.
e) Recuperación de fósforo como estruvita	Ver MTD 12g.	Solo aplicable a corrientes de aguas residuales con un alto contenido total de fósforo (por ejemplo, por encima de 50 mg/l) y un caudal significativo.
f) Uso de aguas residuales para esparcimiento de tierras	Después de un tratamiento adecuado, las aguas residuales se utilizan para esparcir en el suelo con el fin de aprovechar el contenido de nutrientes y/o el agua.	Solo aplicable en el caso de un beneficio agronómico, un bajo nivel de contaminación y ningún impacto negativo en el medio ambiente (suelo, aguas subterráneas y superficiales). La aplicabilidad puede estar restringida debido a la disponibilidad limitada de terrenos adecuados adyacentes a la instalación, y por el suelo y las condiciones climáticas locales, o por la legislación.

1.1.5. Generación de aguas residuales

La generación de aguas residuales en la industria láctea está íntimamente relacionada con el consumo de agua. La optimización, el reciclado y la utilización de agua descritos en las MTD de la sección 1.1.2 redundan en un menor caudal de agua a tratar y, consecuentemente, en un importante ahorro económico. A pesar de las medidas orientadas al ahorro de agua, siempre se va a generar un volumen de aguas residuales que va a ser necesario gestionar de acuerdo con las MTD desarrolladas en el ámbito de las tecnologías de tratamiento de las aguas residuales y la normativa de descarga de aguas aplicable en cada caso (Tabla 7.10).

Tabla 7.10. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito de las aguas residuales. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 11 (genérica para todos los sectores): Para evitar las emisiones incontroladas al agua, la MTD consiste en proporcionar una capacidad de almacenamiento intermedio adecuada para las aguas residuales.

Descripción: La capacidad de almacenamiento intermedio adecuada se determina mediante una evaluación de riesgos (teniendo en cuenta la naturaleza de los contaminantes, los efectos de estos contaminantes en el tratamiento posterior de las aguas residuales, el entorno receptor, etc.). Las aguas residuales de este almacenamiento intermedio se descargan después de que se toman las medidas apropiadas (por ejemplo, monitoreo, tratamiento, reutilización).

Aplicabilidad: Para las plantas existentes, la técnica puede no ser aplicable debido a la falta de espacio y/o debido al diseño del sistema de recolección de aguas residuales.

MTD 12 (genérica para todos los sectores): Para reducir las emisiones al agua, la MTD consiste en utilizar una combinación adecuada de las técnicas que se indican a continuación:

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Pretratamiento, tratamiento primario y general		
a) Ecuilización	Todos los contaminantes	
b) Neutralización	Ácidos y álcalis	
c) Separación física, p. pantallas, tamices, separadores de arena, separadores de aceite/grasa o tanques de sedimentación primaria	Partículas, sólidos en suspensión, aceite/grasa	Aplicable en general
Tratamiento aeróbico y/o anaeróbico (tratamiento secundario)		
d) Tratamiento aeróbico y/o anaeróbico (tratamiento secundario), p. proceso de lodo activado, laguna aeróbica, proceso de manto de lodo anaeróbico de flujo ascendente (UASB), proceso de contacto anaeróbico, biorreactor de membrana	Compuestos orgánicos biodegradables	Generalmente aplicable.
Eliminación del nitrógeno		

e) Nitrificación y/o desnitrificación	Nitrógeno total, amonio/amoniaco	No aplicable en el caso de altas concentraciones de cloruro (por encima de 10 g/L), ni cuando la temperatura de las aguas residuales es baja (inferior a 12 °C).
f) Nitrificación parcial - Oxidación anaeróbica de amonio		Puede no ser aplicable cuando la temperatura del agua residual es baja.
Eliminación y/o recuperación del fósforo		
g) Recuperación del fósforo como estruvita	Fósforo total	Solo aplicable a corrientes de aguas residuales con un alto contenido total de fósforo (por ejemplo, por encima de 50 mg/L) y un caudal significativo.
h) Precipitación		Generalmente aplicable
i) Eliminación biológica del fósforo		
Eliminación de sólidos		
j) Coagulación y floculación		
k) Sedimentación	Sólidos en suspensión	Generalmente aplicable
l) Filtración (p. ej. filtros de arena, microfiltración, y ultrafiltración)		
m) Flotación		

1.1.6. Control de ruidos, olores, y emisiones gaseosas

Las principales emisiones gaseosas de las industrias lácteas se generan en las calderas de producción de vapor o agua caliente, necesarias para las operaciones de producción y limpieza. El tipo de contaminante y niveles de emisión varían en función del combustible utilizado, del estado de las instalaciones, de la eficiencia y del control del proceso de combustión. Los combustibles más empleados en las calderas son fuel, gasóleo y gas natural, todos ellos combustibles fósiles que emiten CO₂ como principal GEI. Al igual que los combustibles sólidos, los líquidos presentan un contenido elevado de azufre y la posibilidad de producir hollín y partículas por una combustión incompleta. El gas natural representa un combustible cada vez más extendido dadas las ventajas que presenta: el gas natural se encuentra exento de azufre y otras impurezas por lo que no se producen emisiones de estos contaminantes. Las medidas preventivas de la emisión de gases contaminantes se basan, en buena medida, en el mantenimiento y limpieza adecuado de los quemadores, especialmente en los procesos de secado susceptibles de generar partículas en suspensión (Tabla 7.10).

Tabla 7.10. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito del control del ruido, olores, y emisiones gaseosas. Fuente: Santonja et al. (2019).

MTD 13 (genérica para todos los sectores): Con el fin de prevenir o, cuando no sea posible, reducir las emisiones de ruido, la MTD es establecer, implementar y revisar periódicamente un plan de gestión del ruido, como parte del sistema de gestión ambiental (ver MTD 1), que incluye todos los siguientes elementos:

- un protocolo que contenga acciones y plazos;
- un protocolo para realizar el seguimiento de las emisiones sonoras;
- un protocolo de respuesta a eventos de ruido identificados, p. quejas;
- un programa de reducción de ruido diseñado para identificar la(s) fuente(s), medir/estimar la exposición al ruido y las vibraciones, caracterizar las contribuciones de las fuentes e implementar medidas de prevención y/o reducción.

Aplicabilidad: La MTD 13 solo es aplicable a los casos en los que se espera y/o se ha comprobado una molestia por ruido en los receptores sensibles.

MTD 14 (genérica para todos los sectores): Para prevenir o, cuando no sea factible, reducir las emisiones de ruido, la MTD consiste en utilizar una o una combinación de las técnicas que se indican a continuación:

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
a) Ubicación adecuada de equipos y edificios	Los niveles de ruido pueden reducirse aumentando la distancia entre el emisor y el receptor, utilizando los edificios como pantallas acústicas y reubicando las salidas o entradas de los edificios.	Para plantas existentes, la reubicación de equipos y salidas o entradas de edificios puede no ser aplicable por falta de espacio y/o costos excesivos.



Tabla 7.10. Buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD consolidadas para el sector de la industria de transformación láctea, en el ámbito del control del ruido, olores, y emisiones gaseosas. Fuente: Santonja et al. (2019).

b) Medidas operativas	<p>Éstos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. mejora de la inspección y el mantenimiento de los equipos; ii. cierre de puertas y ventanas de áreas cerradas, si es posible; iii. operación del equipo por personal experimentado; iv. evitar actividades ruidosas por la noche, si es posible; v. disposiciones para el control del ruido durante las actividades de mantenimiento. 	Generalmente aplicable.
c) Equipos de bajo ruido	Esto incluye compresores, bombas y ventiladores de bajo ruido.	
d) Equipo de control de ruido	<p>Esto incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. reductores de ruido; ii. aislamiento de equipos; iii. recinto de equipos ruidosos; iv. insonorización de edificios. 	Puede no ser aplicable a las plantas existentes debido a la falta de espacio.
e) Reducción del ruido	Insertar obstáculos entre emisores y receptores (por ejemplo, muros de protección, terraplenes y edificios).	Aplicable solo a plantas existentes, ya que el diseño de nuevas plantas debería hacer innecesaria esta técnica. Para plantas existentes, la inserción de obstáculos puede no ser aplicable debido a la falta de espacio.

MTD 15 (aplicable a todos los sectores): Para prevenir o, cuando no sea factible, reducir las emisiones de olores, la MTD es establecer, implementar y revisar periódicamente un plan de gestión de olores, como parte del sistema de gestión ambiental (ver MTD 1), que incluye todos los siguientes elementos:

- un protocolo que contenga acciones y cronogramas;
- un protocolo para realizar el monitoreo de olores, puede complementarse con la medición/estimación de la exposición al olor o la estimación del impacto del olor;
- un protocolo de respuesta a incidentes de olores identificados, p. ej. quejas;
- un programa de prevención y reducción de olores diseñado para identificar la(s) fuente(s); para medir/estimar la exposición a olores; caracterizar los aportes de las fuentes; e implementar medidas de prevención y/o reducción.

Aplicabilidad: La MTD 15 solo es aplicable a los casos en los que se espera y/o se ha comprobado una molestia por olor en los receptores sensibles.

MTD 23 (específica para el sector lácteo): Con el fin de reducir las emisiones atmosféricas de polvo canalizado procedentes del secado, la MTD consiste en utilizar una o una combinación de las técnicas que se indican a continuación:

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
a) Filtro de bolsa	Estas tecnologías se describen en detalle en el documento del BREF de las industrias de alimentación, bebida y leche.	Puede no ser aplicable para la eliminación de polvo pegajoso
b) Ciclón		Generalmente aplicable
c) Scrubber húmedo		



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

inLac[®]

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección se resumen una serie de cuestiones críticas e ideas centrales que sintetizan los diferentes aspectos tratados en el informe, y que han sido agrupados siguiendo la misma estructura temática desarrollada a lo largo del documento.

8.1. El cambio climático y las políticas para su mitigación

1. Desde las primeras evidencias a mediados del siglo XX que vincularon la progresiva acumulación del dióxido de carbono al incremento global de las temperaturas terrestres (curva de Keeling), el estudio del cambio climático se ha consolidado como una disciplina científica, incorporando técnicas analíticas, teledetección, sistemas de información geográfica, modelos computacionales, etc. cada vez más potentes y precisas. Actualmente, existe un amplio consenso en la comunidad científica internacional que el cambio climático es una evidencia, y que puede poner en compromiso al desarrollo y bienestar humanos en un futuro a medio plazo si no se toman medidas de mitigación y adaptación adecuadas. Este consenso científico se materializa en los informes de situación de la evolución del cambio climático que regularmente publica el Panel Internacional sobre el Cambio Climático (IPCC).
2. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a la que actualmente se han suscrito 197 países, y los pactos sucesivos que se han acordado a partir de ella, como el Protocolo de Kyoto y el actualmente Vigente Acuerdo de París, son los principales mecanismos internacionales que se han establecido para definir estrategias globales de mitigación y adaptación al cambio climático en base al compromiso de cumplimiento de objetivos jurídicamente vinculantes. Estos objetivos se basan en la reducción de las emisiones de GEI a nivel nacional, para los que se establecen ciertos mecanismos de flexibilidad como el comercio de derechos de emisión, y la financiación de mecanismos de adaptación y transferencia tecnológica a los países menos desarrollados. Estos acuerdos definen los objetivos de reducción, las metodologías para su cuantificación, y mecanismos legales para la implementación de medidas en los sistemas legales nacionales.

8.2. Legislación sobre las emisiones de GEI

3. El Pacto Verde Europeo es una iniciativa de la Unión Europea para definir y fomentar nuevos modelos económicos más competitivos, basados en la sostenibilidad y el uso de las nuevas tecnologías. La mitigación y adaptación al cambio climático es un objetivo primordial de la misma y la Comisión Europea ha adoptado un conjunto de propuestas para adaptar las políticas en materia de clima, energía, transporte y fiscalidad con el fin de reducir las emisiones netas de GEI en al menos un 55% de aquí a 2030, en comparación con los niveles de 1990. En el ámbito agroalimentario, se está desarrollando la Estrategia conocida como “de la Granja a la Mesa” para impulsar la transición hacia un sistema alimentario sostenible que aporte beneficios medioambientales, sanitarios y sociales, así como rentas económicas más justas.
4. En el marco de la Directiva de Emisiones Industriales 2010/75/UE (Prevención y Control Integrados de la Contaminación), en el año 2017 se ha publicado el Documento de Referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles (BREF-MTD) para la Cría Intensiva de Aves o Cerdos. A día de hoy este es el único documento BREF en el ámbito de la ganadería motivo por el cual, en algunos aspectos (especialmente la gestión, tratamiento y

aplicación de las deyecciones), también se utiliza como referencia en otras cabañas ganaderas como es el caso del vacuno de leche.

5. A día de hoy no existe un BREF-MTD aplicable al sector de la producción de animales rumiantes, incluyendo el de la producción de leche, hecho que condiciona el desarrollo de normativa aplicable específica para el control de las emisiones de GEI. Existen diferentes documentos con propuestas de buenas prácticas susceptibles de ser consideradas como MTD para este sector de la ganadería de leche, y se está a la espera que en breve se empiece a desarrollar un borrador de BREF-MTD para la producción de rumiantes. En el ámbito de la transformación industrial, en el año 2019 se ha publicado el BREF-MTD en las Industrias de Alimentación, Bebida y Leche.

8.3. Los gases de efecto invernadero

6. Los GEI de origen antropogénico considerados en el ámbito de la agricultura y la ganadería son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), y el óxido nitroso (N₂O). El CH₄ procedente de la fermentación entérica es la mayor fuente de emisiones de GEI en la producción de rumiantes, que seguida por el CH₄ y el N₂O que se emiten durante la gestión de las deyecciones ganaderas, el N₂O procedente de la fertilización nitrogenada, el CO₂ emitido durante la generación energética de los procesos productivos y del transporte y, en menor medida, los gases que se emiten durante los cambios del uso del suelo.
7. Los cambios del uso del suelo pueden contribuir de forma significativa a las emisiones totales de GEI, particularmente en ciertas regiones. Estas estimaciones varían mucho según los supuestos realizados, los datos y el enfoque aplicado. Debido a la falta de modelos y bases de datos validados a nivel mundial, el secuestro y las pérdidas de carbono del suelo que surgen del manejo de los pastos no se suelen incluir en muchos estudios, pero pueden ser significativos.

8.4. Las emisiones de GEI en el sector lácteo

8. La FAO ha estimado las emisiones globales de GEI de las cadenas de producción ganadera en 8,1 Gt CO₂-eq, siendo la carne y la leche del vacuno los sectores con mayores emisiones a nivel global, con 3,0 y 1,6 Gt CO₂-eq, respectivamente. Sin embargo, cuando las emisiones de GEI se expresan en relación con la cantidad de proteína producida, la intensidad de las emisiones oscila entre 404 kg CO₂-eq/kg proteína para la carne de búfala y 31 kg CO₂-eq/kg para los huevos. Bajo este contexto, la leche de vaca, con 87 kg CO₂-eq/kg de proteína, es una fuente de proteína animal relativamente eficiente desde la perspectiva de las emisiones de GEI generadas por unidad nutricional.
9. Según la FAO, la intensidad de las emisiones de GEI a nivel global asociadas a la producción lechera se ha reducido en un 11%, de 2,8 a 2,5 kg CO₂-eq/kg de leche, entre los años 2005 y 2015. Teniendo en cuenta el incremento de producción, sin las mejoras de eficiencia las emisiones globales de GEI del sector lechero habrían aumentado en casi un 38%. También existen claras diferencias en la intensidad de las emisiones entre regiones, siendo en general más baja en los países desarrollados, entre 1,3 y 1,4 kg CO₂-eq/kg FPCM, mientras que los países en desarrollo en el sur y oeste de Asia, África del norte y subsahariana tienen intensidades de emisión más altas, entre 4,1 y 6,7 kg CO₂-eq/kg FPCM. Los rangos de variación de la intensidad de las emisiones dentro de una misma región productiva son muy amplios, incluso en los países desarrollados. Esta variabilidad

se explica en buena medida por diferencias en las prácticas de gestión y manejo, e implica que existe potencial para reducir las emisiones de GEI en todas las regiones.

10. No obstante, según la IFCN, las mejoras en las granjas menos productivas (<4000 litros de leche ECM por vaca y año, con valores de intensidad de emisiones de GEI superiores al valor promedio) tienen un gran impacto sobre la reducción de la intensidad de las emisiones de GEI, pero la ganancia marginal sobre esta disminución es mucho menor para las granjas altamente productivas (>8000 litros de leche ECM por vaca y año), siendo los valores de intensidad de emisiones de GEI menores de 1 kg CO₂-eq/kg de leche más difíciles de conseguir.
11. La mayor parte de las emisiones de GEI del sector lácteo se produce a nivel de la explotación ganadera, con un promedio es del 93% sobre el total. Este valor es ligeramente menor en América del Norte, Europa Occidental y Oceanía, con valores entre el 78% al 83% de las emisiones generadas por actividades en la granja, mientras que en las demás regiones del mundo se estima que estas emisiones contribuyen a entre el 90% y el 99% del total. La principal contribución a la intensidad de las emisiones “fuera de la granja” en los países desarrollados están relacionadas con el desperdicio alimentario, especialmente de la leche fresca.
12. En cuanto a la contribución de los diferentes GEI “dentro de la granja” en términos de CO₂ equivalente, el CH₄ generado por la fermentación entérica es la principal fuente (58,5%), seguida por las emisiones de CO₂ y N₂O de la producción, procesamiento y transporte de la alimentación animal (29,4%) y, finalmente, el CH₄ y N₂O generado durante la gestión de las deyecciones ganaderas (9,5%). Dado que la fermentación entérica aporta más de la mitad del total de las emisiones de GEI, el ámbito relacionado con la optimización de la nutrición de los rumiantes representa una oportunidad potencial para la mitigación.
13. A nivel de España, según los datos del Inventario Nacional de las emisiones de GEI en el año 2019, las emisiones asignadas al sector agrícola equivalen a 37.794 kt de CO₂-eq, lo que supone el 12% del total de las emisiones españolas. La fermentación entérica y la gestión de las deyecciones fueron las principales fuentes de emisión del sector agrícola, contribuyendo respectivamente con un 42% y un 23% sobre el total de las emisiones del sector agrícola.
14. De acuerdo con el Inventario Nacional, las emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica en España durante el 2019 han aumentado un 11,4% respecto al año 1990, siendo el vacuno no lechero el que más contribuye en el total de la categoría con un 57%, en comparación con el ovino (18%) y el vacuno de leche (16%). Por otra parte, si se expresan en relación a una unidad de leche producida, las emisiones de CH₄ entérico han disminuido a cerca de la mitad durante la serie 1990-2019.
15. Según el JRC, a partir de datos anteriores al año 2012, la intensidad de las emisiones de GEI de la producción de leche de vaca en España es muy próxima a la media europea (1,4 kg CO₂-eq/kg leche), ocupando el décimo lugar en el ranking de emisiones por detrás de Francia, Alemania o el Reino Unido, pero por delante de Holanda o Dinamarca, países todos ellos con una importante tradición de producción láctea. Sin embargo, el sector de la leche de cabra y oveja en España tiene una intensidad de emisiones de GEI bastante superior a la media europea (4,5 kg CO₂-eq/kg leche), ocupando el lugar 15 del ranking de emisiones.
16. El JRC también propone que, para la producción de una unidad de leche de vaca en Europa, el 37% de la intensidad de las emisiones europeas de GEI viene determinada por el CH₄ originado principalmente en los procesos entéricos y de gestión de las deyecciones ganaderas. El 63% restante se distribuye entre las emisiones de N₂O, causada principalmente por la gestión de las deyecciones ganaderas y la fertilización nitrogenada (22%), el CO₂ emitido durante la generación energética a partir de fuentes no renovables de los procesos productivos y del transporte (15%) y, finalmente, el uso del suelo (14%) y los cambios de uso del suelo (12%).

17. Otros estudios realizados en explotaciones específicas de producción de leche de vaca en España, han dado un rango de intensidad de emisiones que varían entre 0,67 y 5,2 kg CO₂-eq/kg leche, en función de la tipología de explotación, ámbito geográfico, y los aspectos metodológicos considerados. Algunos autores sugieren que las emisiones de GEI son más elevadas en las explotaciones del mediterráneo, intermedias en las de la España central y más bajas en la cornisa cantábrica. Otros estudios también afirman que las explotaciones semi-intensivas con razas bovinas no autóctonas mantenidas en naves tienen una intensidad de emisión significativamente menor que la leche de sistemas semi-extensivos con razas locales y pastoreo en las tierras altas de las montañas durante el verano.
18. Además de la vía de la intensificación (incremento de la productividad por animal), también se ha demostrado que los sistemas de producción extensiva bien manejados pueden resultar en intensidades de emisiones de GEI relativamente bajas, menores a 1 kg CO₂-eq/kg leche, gracias a las menores emisiones y el potencial de fijación de carbono de los pastizales.

8.5. Metodologías para la medida de los GEI en el sector lácteo

19. El IPCC establece diferentes niveles metodológicos para el cálculo de los factores de emisión de GEI asociados a diferentes los procesos de la producción ganadera que son más relevantes, para el caso de los rumiantes las emisiones entéricas y las asociadas al manejo de las deyecciones: El nivel básico en base a factores de emisión definidos a partir de parámetros constantes de referencia (Tier 1); a partir de factores de emisión variables en función de parámetros específicos (Tier 2); y mediante la utilización de modelos numéricos, empíricos o mecanicistas (Tier 3), más ajustados a las condiciones específicas de manejo. Estos últimos requieren un proceso de validación complejo, pero ofrece la ventaja de dar las estimaciones más realistas.
20. Una de las principales críticas que se realiza a la metodología aplicada en la elaboración de los inventarios de GEI y su atribución por sectores, es que la producción ganadera se contempla habitualmente de forma conjunta, sin separar sistemas productivos ni considerar adecuadamente el conjunto de actividades que se relacionan con ella. Esto incluye aspectos clave para el análisis de los impactos de la ganadería sobre los agrosistemas, como es la alimentación de los animales, la producción asociada de piensos y forrajes, el consumo energético, el transporte de forrajes, animales vivos y animales sacrificados y otros insumos externos (desde aditivos a medicinas, antibióticos o suplementos).



21. Los factores de emisión de GEI calculados según las directrices del IPCC constituyen el marco fundamental a partir del cual se determinan los inventarios nacionales de emisiones, a los que las Partes en los acuerdos derivados del Protocolo de Kyoto se han comprometido en su monitorización y mitigación. Los factores de emisión también son la base a partir de la que se pueden realizar estudios de LCA en sus distintas modalidades.
22. El análisis del ciclo de vida constituye el marco metodológico básico para determinar la intensidad de las emisiones (“dentro de la granja”), y la huella de carbono asociada a la producción láctea, a partir de las entradas y salidas de materiales y energía al sistema analizado, y de las emisiones de GEI estimadas en base a factores de emisión. Esta metodología ha sido adaptada y armonizada para el sector lácteo en iniciativas como la LEAP – FAO, para facilitar la comparación de estudios diversos. No obstante, todavía existe una amplia variabilidad en los criterios metodológicos implementados en la bibliografía científica y técnica disponible, especialmente en la definición de la unidad funcional, la consideración de los usos del suelo, y la definición de los límites del sistema.
23. La metodología del LCA también constituye la base para la definición de la huella ambiental de producto (PEF), una iniciativa de la Unión Europea para el etiquetado ambiental de los productos de consumo en base a criterios objetivos y estandarizados para aportar una mayor transparencia y veracidad en relación con la huella de carbono de productos y servicios. Actualmente, después de una fase piloto bajo la coordinación de la EDA y la participación de 15 grandes empresas del sector (ninguna de ellas con sede en España), se han definido las normas para las distintas categorías de producto para el sector lácteo y se está a la espera de la aprobación del borrador para su uso en estudios de implementación.

8.6. Proyectos realizados sobre cambio climático aplicables al sector lácteo

24. En este informe se han recopilado un total de 49 proyectos de investigación y desarrollo realizados, o todavía en fase de ejecución, durante la última década. Estos proyectos han sido financiados parcial o totalmente con fondos públicos, mediante convocatorias en las que la mitigación y/o adaptación al cambio climático era un objetivo relevante. El ámbito de trabajo de los proyectos está directamente relacionado con el sector ganadero de leche, o las conclusiones del mismo son aplicables a este sector.
25. El 75% de estos proyectos han sido financiados por convocatorias promovidas por la Comisión Europea (FP7, H2020, Life, etc.), y el 25% restante mediante convocatorias a nivel estatal, del gobierno central o por las autonomías. Los temas más relevantes abordados en estos proyectos se han clasificado en las siguientes grandes áreas temáticas: gestión del ciclo de los nutrientes, cálculo de la huella de carbono, y definición/validación mejores técnicas disponibles. En este último apartado se han probado diferentes estrategias de mitigación de las emisiones de GEI en el ámbito nutricional, así como en el almacenamiento y gestión de las deyecciones ganaderas.

8.7. Buenas prácticas/técnicas para reducir las emisiones de GEI

26. Desde la perspectiva de la sostenibilidad, una buena práctica productiva es aquella que disminuye el impacto ambiental de un proceso determinado de una forma verificable, y con una relación coste/beneficio razonable. Cuando una buena práctica tiene un reconocimiento normativo en el establecimiento de valores límite de impacto, de acuerdo con las directrices de la Directiva de Emisiones Industriales 2010/75/UE (prevención y control integrados de la contaminación), se la reconoce como una mejor técnica disponible (MTD).

27. En el marco de la Directiva de Emisiones Industriales, en el año 2017 se ha publicado el Documento de Referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles (BREF) para la Cría Intensiva de Aves o Cerdos. A día de hoy este es el único documento BREF en el ámbito de la ganadería motivo por el cual, en algunos aspectos (especialmente la gestión, tratamiento y aplicación de las deyecciones), también se utiliza como referencia en otras cabañas ganaderas como es el caso del vacuno de leche.
28. Se han identificado un total de 16 buenas prácticas aplicables en el ámbito ganadero, sobre las que existen evidencias cuantitativas de los niveles de reducción de las emisiones de NH₃ y/o GEI. A su vez, éstas se desglosan en 46 acciones específicas susceptibles de ser consideradas como MTD. En función del punto de aplicación dentro de la explotación ganadera, estas buenas prácticas se clasifican en cinco grandes grupos: gestión nutricional, control de las emisiones durante el alojamiento del ganado, control de las emisiones en el almacenamiento y procesado de las deyecciones, y control de las emisiones durante la valorización agronómica de las deyecciones ganaderas.
29. A diferencia del ámbito del ganado de animales poligástricos, en el año 2019 se ha publicado el BREF para las Industrias de Alimentos, Bebidas y Leche. Este documento describe un total de 24 MTD, 15 de las cuales son genéricas para todos los sectores y 3 son específicas para la transformación láctea. Las MTD propuestas se agrupan en las siguientes categorías: sistemas de gestión ambiental, monitorización, eficiencia energética, consumo de agua y descarga de aguas residuales, emisiones peligrosas, eficiencia en el uso de los recursos, emisiones en el agua, ruido, y olores.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

inLac

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Villegas, H.A., Larson, R.A. (2017) Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools. *Journal of Cleaner Production* 143, 169-179.
- Al-Obadi, M. Dairy Wastage Footprint Analysis: A Farm-to-Fork Life Cycle Approach Across Dairy Supply Chain. Alibés, J., García, J., Herrera, P.M., Llorente, M., Majadas, J., Manzano, P., Moreno, G., Navarro, A., Orodea, M., Oteros, E., Ottolini, I., Rivera, M., Rodríguez-Estévez, V., Roig, S., Salguero, C., Sánchez, P., Sanz, S., Turiño, M. (2020) Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad. *Cuadernos Entretantos* 6, 1-29.
- Allan, R.P., Hawkins, E., Bellouin, N., Collins, B. (2021) IPCC, 2021: Summary for Policymakers.
- Batalla, I., Knudsen, M.T., Mogensen, L., Hierro, Ó.d., Pinto, M., Hermansen, J.E. (2015) Carbon footprint of milk from sheep farming systems in Northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. *Journal of Cleaner Production* 104, 121-129.
- Benoit Norris, C., Traverso, M., Valdivia, S., Vickery-Niederman, G., Franze, J., Azuero, L., Citroth, A., Mazijn, B., Aulio, D. (2013) The methodological sheets for sub-categories in social life cycle assessment (S-LCA). United Nations Environment Programme (UNEP) and Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
- Brown, N. (2001) *History and climate change: a Eurocentric perspective*, Routledge.
- Carr, J., Lee, D., Scaife, A., Hayes, I. (2014) *Food statistics pocketbook 2013-in year update*, London, UK.
- Chardon, X., Rigolot, C., Baratte, C., Espagnol, S., Raison, C., Martin-Clouaire, R., Rellier, J.P., Le Gall, A., Dourmad, J.Y., Piquemal, B., Leterme, P., Paillat, J.M., Delaby, L., Garcia, F., Peyraud, J.L., Poupa, J.C., Morvan, T., Faverdin, P. (2012) MELODIE: a whole-farm model to study the dynamics of nutrients in dairy and pig farms with crops. *animal* 6(10), 1711-1721.
- Del Prado, A., Misselbrook, T., Chadwick, D., Hopkins, A., Dewhurst, R.J., Davison, P., Butler, A., Schröder, J., Scholefield, D. (2011) SIMS(DAIRY): a modelling framework to identify sustainable dairy farms in the UK. Framework description and test for organic systems and N fertiliser optimisation. *Sci Total Environ* 409(19), 3993-4009.
- FAO (2010) *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector*, p. 98, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- FAO (2016) *Environmental Performance of Large Ruminant Supply Chains: Guidelines for Assessment*. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership, FAO, Rome (Italy).
- FAO (2017) *Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO and GDP (2019) *Climate change and the global dairy cattle sector: The role of the dairy sector in a low-carbon future*, p. 36, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO and Global Dairy Platform Inc. (GDP), Rome.
- Garrido, S.R. (2017) *Encyclopedia of Sustainable Technologies*. Abraham, M.A. (ed), pp. 253-265, Elsevier, Oxford.
- 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. (2013a) Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *animal* 7, 220-234.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013b) *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Hagemann, M., Ndambi, A., Hemme, T., Latacz-Lohmann, U. (2012) Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions. *Environmental Science and Pollution Research* 19(2), 390-402.
- Hansen, J.E. (2005) A slippery slope: How much global warming constitutes “dangerous anthropogenic interference”? *Climatic Change* 68(3), 269-279.
- Ibidhi, R., Calsamiglia, S. (2020) Carbon Footprint Assessment of Spanish Dairy Cattle Farms: Effectiveness of Dietary and Farm Management Practices as a Mitigation Strategy. *Animals* 10(11), 2083.
- IDF (2015) A common carbon footprint approach for dairy. *Bulletin of the International Dairy Federation* 479, 63.
- Karl, T.R., Trenberth, K.E. (2003) Modern Global Climate Change. *Science* 302(5651), 1719-1723.

- Kikstra, J.S., Waidelich, P., Rising, J., Yumashev, D., Hope, C., Brierley, C.M. (2021) The social cost of carbon dioxide under climate-economy feedbacks and temperature variability. *Environmental Research Letters* 16(9), 094037.
- Liu, Z., Liu, Y., Shi, X., Wang, J., Murphy, J.P., Maghirang, R. (2017) Enteric methane conversion factor for dairy and beef cattle: Effects of feed digestibility and intake level. *Transactions of the ASABE* 60(2), 459-464.
- Ma, Q., Tipping, R.H. (1998) The distribution of density matrices over potential-energy surfaces: Application to the calculation of the far-wing line shapes for CO₂. *The Journal of Chemical Physics* 108(9), 3386-3399.
- Martin, G., Moraine, M., Ryschawy, J., Magne, M.-A., Asai, M., Sarthou, J.-P., Duru, M., Therond, O. (2016) Crop–livestock integration beyond the farm level: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 36(3), 53.
- Marton, S.M.R.R., Zimmermann, A., Kreuzer, M., Gaillard, G. (2016) Comparing the environmental performance of mixed and specialised dairy farms: the role of the system level analysed. *Journal of Cleaner Production* 124, 73-83.
- Maslin, M. (2008) *Global warming: a very short introduction*, OUP Oxford.
- Meadows, D.H., Randers, J., Meadows, D.L. (1972) *The Limits to Growth*, Universe Books, New York.
- Mills, J.A.N., Kebreab, E., Yates, C.M., Crompton, L.A., Cammell, S.B., Dhanoa, M.S., Agnew, R.E., France, J. (2003) Alternative approaches to predicting methane emissions from dairy cows¹. *Journal of Animal Science* 81(12), 3141-3150.
- MITECO (2021) *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990 a 2019*, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.
- MMA and MAPA (2005) *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Lácteo*, Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T., H. Zhang (2013) *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate, C. (ed), pp. 659-740, Cambridge University Press, Cambridge.
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Vellinga, T., Henderson, B., Steinfeld, H. (2013) *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains—A global life cycle assessment*, Food and agriculture organization of the United Nations.
- PAS (2012) *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*, BSI.
- Prenafeta-Boldú, F.X., Fernandez, B., Devant, M. (2021) *Informe de Revisión de las Mejores Técnicas Disponibles Potencialmente Aplicables para la Reducción de las Emisiones de Amoníaco y Gases de Efecto Invernadero del Sector Lácteo en España*, p. 113, IRTA y INLAC.
- Prenafeta-Boldú, F.X. Parera, J. (eds) (2020) *Guía de les Technologies de Tractament de les Dejeccions Ramaderes a Catalunya*, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARP), Barcelona.
- Regan, J.T., Marton, S., Barrantes, O., Ruane, E., Hanegraaf, M., Berland, J., Korevaar, H., Pellerin, S., Nesme, T. (2017) Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. *European Journal of Agronomy* 82, 342-356.
- Revelle, R., Broecker, W., Craig, H., Kneeling, C., Smagorinsky, J. (1965) *Restoring the quality of our environment: report of the environmental pollution panel*. President's Science Advisory Committee, United States, US Government Printing Office: Washington, DC.
- Rice, P., O'Brien, D., Shalloo, L., Holden, N.M. (2019) Defining a functional unit for dairy production LCA that reflects the transaction between the farmer and the dairy processor. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 24(4), 642-653.
- Rotz, C.A. (2018) Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *Journal of Dairy Science* 101(7), 6675-6690.
- Salas Castelo, E., Maldonado, E. (2020) *Breve historia de la ciencia del cambio climático y la respuesta política global: un análisis contextual/Brief history of climate change science and global political response: a context analysis*. KnE Engineering.
- Santonja, G.G., Georgitzikis, K., Scalet, B.M., Montobbio, P., Roudier, S., Sancho, L.D. (2017) *Best Available Techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs*. European Commission.

- Santonja, G.G., Karlis, P., Stubdrup, K.R., Brinkmann, T., Roudier, S. (2019) Best Available Techniques (BAT) reference document for the food, drink and milk industries.
- Scherhauser, S., Moates, G., Hartikainen, H., Waldron, K., Obersteiner, G. (2018) Environmental impacts of food waste in Europe. *Waste Management* 77, 98-113.
- Schils, R.L.M., de Haan, M.H.A., Hemmer, J.G.A., van den Pol-van Dasselaar, A., de Boer, J.A., Evers, A.G., Holshof, G., van Middelkoop, J.C., Zom, R.L.G. (2007) DairyWise, a whole-farm dairy model. *Journal of Dairy Science* 90(11), 5334-5346.
- WBCSD, WRI (2011) Product life cycle accounting and reporting standard, World Business Council for Sustainable Development and World Resource Institute.
- Weiss, F., Leip, A. (2012) Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: A life cycle assessment carried out with the CAPRI model. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 149, 124-134.
- Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., Wei, L. (2019) 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., S., N., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds), p. 209, The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Switzerland.

APÉNDICE: LISTADO PROYECTOS DE I+D EN EL ÁMBITO DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA Y LOS GEI

inLac[®]

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA



10. APENDICE: LISTADO PROYECTOS DE I+D EN EL ÁMBITO DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA Y LOS GEI

Tabla 10.1. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático aplicables al sector lácteo, financiados a nivel europeo.

Acronimo	Título	Objetivo	Página web
AgriChemWhey	An integrated biorefinery for the conversion of dairy side streams to high value bio-based chemicals	AgriChemWhey will build a first-of-a-kind, industrial-scale biorefinery with integrated symbiotic industrial and agricultural value chains that will valorize over 25,000 tonnes (100% dry matter) per annum of excess whey permeate (WP) and de-lactosed whey permeate (DLP) to several added value products for growing global markets including lactic acid, polylactic acid, minerals for human nutrition and bio-based fertilisers.	https://cordis.europa.eu/project/id/744310
DAIRIUS	Sustainable management via energy exploitation of end-of-life dairy products in Cyprus	The Life DAIRIUS project's overall objective is to demonstrate an environmentally and financially sustainable solution for the management and treatment of returned Expired Dairy Products (EDP). It aims to achieve this through the development and testing of a two-phase anaerobic co-digestion process of EDP with other substrates. It will also describe the best possible processes for aerobic composting or vermi-composting of the residual digested material. A cost-benefit analysis, environmental impact assessment, and lifecycle analysis will be performed and used to evaluate the exploitation and long-term commercialization potential of the prototype pilot plant. The process is expected to be of wide interest in the dairy sector.	www.dairiusproject.com https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3941
DEPURGAN	Swine-farm revolution	The DEPURGAN project aims to bring to the market an efficient pig manure treatment process, with an initial investment 4 times lower compared to other solutions and operation costs being also very competitive. It bases its innovative character in the use of an optimized electrocoagulation reactor, that allows nitrogen abatement, while producing as residues a solid fraction that poses great calorific potential as biomass, and a NPK liquid effluent ready to be used	https://cordis.europa.eu/project/id/673771
AGROMIX	AGROforestry and MIXed farming systems - Participatory research to drive the transition to a resilient and efficient land use in Europe	The AGROMIX project aims to deliver participatory research to drive the transition to a resilient and efficient land use in Europe. It focuses on practical agroecological solutions for farm and land management and related value chains. AGROMIX makes use of a network of 83 sites with Mixed Farming (MF), AgroForestry (AF) or value chain stakeholder networks, which are used to measure, design, model, test and improve these systems. A nested approach will be used to conduct 12 co-design pilots across Europe. In addition, 6 replicated long-term trial sites are used for detailed analysis (crops and livestock).	https://cordis.europa.eu/project/id/862993 https://agromixproject.eu/
ANIMALCHANGE	AN Integration of Mitigation and Adaptation options for sustainable Livestock production under climate CHANGE	The AnimalChange project has provided for the first time a vision of the future of the livestock sector under climate change and has provided direct support to establish policies, while reaching out to stakeholders by organizing symposia, training of scientists, technicians, and policy makers. Global and regional livestock sector scenarios. Shared Socio-economic Pathways (SSPs) were developed for key drivers of the livestock sector, including technology, diets, wastes and losses. Downscaled climate models based on Representative Carbon Pathways (RCPs) were used to project climate change impacts in combination with SSPs based on a cluster of models. Under middle of the road (SSP2) scenario, livestock supply would expand at the expense of forests and natural land, especially with climate change. Under SSP3, livestock productivity would be lower, and poverty would reduce access to animal proteins in regions like Sub-Saharan Africa. Under SSP1, however, per capita animal product consumption would better converge across regions, while the sector impacts on deforestation would be moderated.	https://www.agrisource.org/fr/7_113/5c332f7407c805cd14cf5f13/AnimalChange.html
CANTOGETHER	Crops and ANimals TOGETHER	CANTOGETHER - Crops and ANimals TOGETHER will design innovative sustainable mixed farming systems (MFS). A design-assessment-adjustment iterative cycle will be adopted to ensure continuous validation and improvement of the innovative investigated MFS through a participative approach involving	https://cordis.europa.eu/project/id/289328 https://www.wur.nl/en/show/cantogether.htm

Tabla 10.1. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático aplicables al sector lácteo, financiados a nivel europeo.

Acrónimo	Título	Objetivo	Página web
		duplication of effort; and coordinate activities among individuals, institutions, states, and regions.	
EuroDairy	A Europe-wide thematic network supporting a sustainable future for EU dairy farmers	EuroDairy will foster development and dissemination of practice-based innovations in dairy farming on key sustainability issues for the post-quota era. Work Package 1 (Project co-ordination) oversees formation of the Thematic Network, ensures interconnectivity in generation, capture and demonstration of innovation and best practice, and reports project outputs including recommendations for further innovation-driven research.	https://cordis.europa.eu/project/id/696364
BAT-SUPPORT	Best available techniques for European intensive livestock Farming - Support for the implementation of the IPPC-Directive	This project proposal relates to the implementation of the European IPPC Directive (Council Directive 96/61/EC on Integrated Pollution Prevention and Control of 24 September 1996). The purpose of the Directive is to achieve integrated systems of prevention of polluting emissions to air, land and water, including measures concerning waste, in order to achieve a high level of protection of the environment taken as a whole. One crucial sector is livestock agriculture due to its very large impact on the wider environment. The objective of this proposal is to develop an integrated and specific method for the classification of livestock housing systems, and of the storage, treatment and spreading of manure produced, in terms of "Best Available Techniques". This will include the development and application of set procedures to evaluate the environmental and economic performance of different methodologies as well as the assessment of animal health and welfare implications that are specific for the intensive livestock farming sector.	https://cordis.europa.eu/project/id/44292 https://www.ktbl.de/theme/n/eu-project-bat-support
Circular Agronomics	Efficient Carbon, Nitrogen and Phosphorus cycling in the European Agri-food System and related up- and down-stream processes to mitigate emissions	Circular Agronomics (CA) provides a comprehensive synthesis of practical solutions to improve the current Carbon (C), Nitrogen (N) and Phosphorus (P) cycling in European agro-ecosystems and related up- and down-stream processes within the value-chain of food production. The proposed solutions would constitute a further step towards making agriculture an integral part of a circular economy by increasing resource efficiency while simultaneously addressing associated environmental challenges such as greenhouse gas and ammonia emissions as well as eutrophication of water bodies. Along 7 work packages and 6 case-studies, representing locations with different biogeographic conditions and environmental challenges typical for the European agricultural sector, the objective of CA is to contribute to a development towards sustainable, resilient, and inclusive economies that are part of circular and zero-waste societies. The involved multi-actor and international consortium aims (i) To increase the understanding of C, N, P flows and the related potential to reduce environmental impacts at farm and regional level under different bio-geographical conditions; (ii) To close loops within cropland farming, from livestock to cropland farming and to increase the reuse of waste/wastewater from food-industry to improve soil fertility and to increase nutrient use efficiency; (iii) To highlight the performance of different prototypes of agro-ecological systems and increase sustainability of food production in the EU; and (iv) To contribute to the improvement of the European Agricultural Policies by providing evidence based, farmer led and consumer relevant recommendations for the agri-food chain. Cross-cutting social, economic and environmental evaluation ensure the overall sustainability of the investigated solution.	https://cordis.europa.eu/project/id/773649 https://www.circularagronomics.eu/
ClieNFarms	Climate Neutral Farms	ClieNFarms - Climate Neutral Farms is based on 20 demonstration case-studies (I3S) where systemic innovative solutions will be tested and evaluated using up-to-date modeling approaches and multicriteria assessment tools. These case-studies will pave the diversity of the production systems (crops, cattle, dairy, special crop productions, etc) and the diversity of geographical situations (from East to West and North to South of Europe, plus one in New-Zealand). The solutions will be co-designed with farmers and the surrounding ecosystem (R&D, finance, supply chain, etc) through creative arena in a living-lab like structure.	https://cordis.europa.eu/project/id/101036822

Tabla 10.1. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático aplicables al sector lácteo, financiados a nivel europeo.

Acrónimo	Título	Objetivo	Página web
ECOLAC	Prevention of dairy products environmental impact through ecodesign	LIFE ECOLAC aim is to prevent and reduce the environmental impact associated with the production of dairy products favouring the Ecodesign of food products by the design and use of software specially adapted to the special features of the sector.	http://www.lifecolac.es http://www.lifecolac.es/es/Proyecto/Resultados
FATIMA	FArming Tools for external nutrient Inputs and water MAnagement	FATIMA addresses effective and efficient monitoring and management of agricultural resources to achieve optimum crop yield and quality in a sustainable environment. It covers both ends of the scale relevant for food production, viz., precision farming and the perspective of a sustainable agriculture in the context of integrated agri-environment management. It aims at developing innovative and new farm capacities that help the intensive farm sector optimize their external input (nutrients, water) management and use, with the vision of bridging sustainable crop production with fair economic competitiveness.	https://cordis.europa.eu/search?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20%27dairy%27%20AND%20%27production%27%20AND%20%27ghg%27&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing
Feed-a-Gene	Adapting the feed, the animal and the feeding techniques to improve the efficiency and sustainability of monogastric livestock production systems	Feed-a-Gene aims to better adapt different components of monogastric livestock production systems (i.e. pigs, poultry and rabbits) to improve the overall efficiency and to reduce the environmental impact. This involves the development of new and alternative feed resources and feed technologies, the identification and selection of robust animals that are better adapted to fluctuating conditions, and the development of feeding techniques that allow optimizing the potential of the feed and the animal.	https://cordis.europa.eu/search?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20%27dairy%27%20AND%20%27production%27%20AND%20%27ghg%27&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing
4D4F	Data Driven Dairy Decisions 4 Farmers	The Data Driven Dairy Decisions for Farmers (4D4F) thematic network will focus on the role which dairy animal and environmental sensors can play in collecting real time information to help make more informed decisions in dairy farming.	https://cordis.europa.eu/project/id/696367
GasAbate N-plus	Additive Technology to Prevent Greenhouse Gas Emissions and to Enhance the Fertiliser and Bioeconomy Feedstock Value of Animal Manures and Slurries	GlasPort Bio has developed an innovative platform technology to eliminate GHG emissions from organic residues and manures that specifically inhibits methane-producing microbes and traps nitrogen, while allowing the beneficial microbial breakdown of manure solids to proceed. GasAbate N+ is GBP's lead product in development. It is added in powdered tablet form to stored dairy and beef manures. GasAbate N+ has been independently-tested and validated in controlled trials.	https://cordis.europa.eu/project/id/101010197
GREENHOUSEMILK	Developing Genetic Tools to Mitigate the Environmental Impact of Dairy Systems	GREENHOUSEMILK helped us understand the role of energy efficiency and partitioning in the overall GHG output of dairy systems. Innovative tools were developed in GREENHOUSEMILK to help farmers' select "environmentally friendly" bulls to suit their system and how to manage those bulls' daughters in an appropriate manner. It harnessed statistical and genetic tools to elucidate the genetics of emissions in dairy cattle, and developed innovative and integrative tools that address the environmental impact of dairy farming, thus underpinning a high priority policy area	www.sac.ac.uk/greenhouse_milk
INEMAD	Improved Nutrient and Energy Management through Anaerobic Digestion	INEMAD will concentrate on innovative strategies to reconnect livestock and crop production farming systems. New flows of energy and materials within the agricultural sector (or linked to the agricultural sector) will be analysed and will create opportunities for re-thinking the relation between crop and livestock production. Various options to cope with recycling, greenhouse gas (GHG) mitigation, and bio-based economy will need an integral assessment on energy and nutrient flows and will cause new arrangements between firms, land use and land management. INEMAD will address the question of what new methods and how new arrangements should be developed to restore the recycling within the specialisation context.	https://cordis.europa.eu/project/id/289712
INTAQT	INnovative Tools for Assessment and Authentication of chicken meat, beef and dairy products' QualiTies	The goal of INTAQT project is to perform an in-depth multi-criteria assessment of the relationships between husbandry systems and intrinsic quality traits of animal-sourced products. This will be achieved through the development of quality assessment and authentication tools, to provide science-based decision support for policy makers, industries, farmers and consumers as well as develop means to improve husbandry practices complying with high quality of animal products and sustainability of production,	https://cordis.europa.eu/project/id/101000250

Tabla 10.1. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático aplicables al sector lácteo, financiados a nivel europeo.

Acrónimo	Título	Objetivo	Página web
		defined as the ""One Quality"" of products. INTAQT will focus on unprocessed and processed ready-to-eat chicken meat, beef, and dairy products stemming from a gradient of extensive to intensive husbandry systems from a wide variety of European countries.	
MIDAIR	Greenhouse gas mitigation for organic and conventional dairy production	The MIDAIR project brought together fifteen research institutes to shed light on the exact magnitude regarding dairy farming's impact on climate change. In order to fill the gap in knowledge concerning emissions, measurement data was collected from fifteen model farms. Both conventional and organic farms were selected from five distinct European regions: Atlantic, Continental, Boreal, Pre-Alpine and Mediterranean	https://cordis.europa.eu/article/id/84184-modelling-greenhouse-gas-emissions-from-dairy-farms
LAMECOW	A multidisciplinary approach to the reduction in lameness and improvement in dairy cow welfare in the European Union	Lameness in dairy cows is a major economic and welfare problem. Interaction between husbandry systems, development of lameness and its biological causes are poorly understood. The project aim is to reduce lameness by identification and application of best practice and an understanding of underlying biological mechanisms. This will contribute to improved welfare, productivity and competitiveness in the EU dairy sector. A multidisciplinary approach using expertise in hoof trimming, housing/husbandry systems, fundamental biological research and quantitative statistic/ will provide an understanding of causes of lameness and will form the basis for sustainable prevention of lameness. Outputs: guidelines for minimal - lameness husbandry systems and training packages for the dairy sector. Socio- economic outcomes: reduced incidence of lameness, improved animal health and welfare, husbandry systems and product quality and increased productivity	https://cordis.europa.eu/project/id/QLK5-CT-2002-00969
Life Beef Carbon	–	El proyecto LIFE BEEF CARBON tiene como objetivo mejorar las emisiones de gases de efecto invernadero. Identificar, demostrar y difundir buenas prácticas innovadoras en granja para reducir significativamente la huella de carbono del vacuno en un 15% de aquí a 2025.	asoprovac@asoprovac.com
Life Carbon Dairy Project	–	The main objective of the LIFE Carbon dairy project is to promote a milk production approach that is capable of reducing GHG emissions by 20% over 10 years.	–
GasAbate N-plus	GasAbate N+: Additive Technology to Prevent Greenhouse Gas Emissions and to Enhance the Fertiliser and Bioeconomy Feedstock Value of Animal Manures and Slurries	Animal manure is a valuable resource as an organic fertilizer or as feedstock for biogas generation by Anaerobic Digestion (AD). 70% of all manure in the EU is stored for up to 6 months. During storage manure is decomposed by microbial activity, and carbon- and nitrogen-based greenhouse gases (GHG) are emitted. Loss of nutrients from decomposition results in manure becoming a less valuable resource such that: (i) farmers must buy large amounts of chemical fertiliser (ii) AD plants do not realise their potential renewable biogas output. Fertiliser purchase is the 2nd largest variable cost to EU farmers. Stored manures account for 16% of all GHG emissions from EU agriculture.	https://cordis.europa.eu/search?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20(%27dairy%27%20AND%20%27production%27%20AND%20%27ghg%27)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing
MIXED	Multi-actor and transdisciplinary development of efficient and resilient MIXED farming and agroforestry-systems	MIXED is a multi-actor project to drive the development of European Mixed Farming and Agroforestry Systems (MiFAS) that optimize efficiency and resource use, reduce GHG emissions, and show greater resilience to climate change by considering agronomic, technical, environmental, economic and social advantages and constraints. The project will, through a participatory and transdisciplinary process, develop, improve and implement efficient and resilient MiFAS in collaboration between organic and conventional networks of farmers, advisors, researchers and other stakeholders. Assessment of potential impacts on environment and mitigation and adaptation to climate change will be made at the farm, landscape and value chain level. The development of new and improved MiFAS will include combined effects on crop and livestock production, livestock health and welfare, soil structure and fertility. Methods for landscape resilience assessments will be developed and life cycle assessment methodologies adapted to selected value chains and MiFAS including modelling of carbon sequestration and biodiversity. Indicators (economic factors, nutrients, GHG, etc.) and socio-	https://cordis.europa.eu/project/id/862357

Tabla 10.1. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático aplicables al sector lácteo, financiados a nivel europeo.

Acrónimo	Título	Objetivo	Página web
		economic factors important for farmers' decision-making for transition to or improving efficiency and resilience of MiFAS will be integrated in farm-level decision support tools.	
MULTISWARD	Multi species swards and multi scale strategies for multifunctional grassland based ruminant production systems	MultiSward aimed to (i) conceive, evaluate and promote sustainable ruminant production systems based on the use of grasslands with a high level of multi-functionality through the concerted use of diverse multi-species swards, plant communities at farm and landscape levels and production systems and (ii) provide adequate evaluation tools to assess the best ways of combining high production efficiency with optimal provision of regulating and supporting ecosystem services from grasslands from farm to regional level	www.multisward.eu
PREFER	PRoduct Environmental Footprint Enhanced by Regions	LIFE PREFER project is aimed to test the PEF – Product Environmental Footprint at 8 average products representing 8 clusters. The pilot clusters are: Paper district of Lucca, Tuscany fashion district, Lombardy textile district, Wine district of Asti, Agricultural and Food District of Nocera Gragnano, Northern Italy industrial tomato cluster, Shoes district of San Mauro Pascoli and Lombardy wood district.	http://www.lifeprefer.it
RENDER	PROMOTING THE IMPLEMENTATION OF PRODUCT ENVIRONMENTAL FOOTPRINT METHODOLOGY IN THE EUROPEAN DAIRY SECTOR	Life-RENDER tiene como objetivo demostrar en condiciones reales la viabilidad técnica, ambiental y económica de una herramienta innovadora que permite la realización de estudios de Huella Ambiental del Producto por parte de PYMEs del sector de Alimentos y Bebidas y la identificación de mejoras ambientales. El proyecto busca promover la implementación de la Metodología de Huella Ambiental de Product a nivel europeo como herramienta clave para evaluar y comunicar el desempeño ambiental de un producto a los consumidores y los diferentes actores de la cadena de suministro.	https://www.life-render.com/index.php/es/
SOLID	Sustainable Organic and Low-input Dairying	The SOLID (Sustainable Organic and Low Input Dairying) project considered organic and low-input cow and small ruminant (sheep and goat) systems with partner organisations representing the wide geographical and farm system diversity across Europe. The objective was to support developments and innovations in these dairy systems to optimise competitiveness for a sustainable and profitable dairy industry in Europe, whilst also (i) maximising the potential of these systems to deliver environmental goods and enhance biodiversity and (ii) optimising economic, agronomic and nutritional advantages for innovative and sustainable organic and low input dairy systems and supply chains	http://www.solidairy.eu/
STARGATE	reSilienT fARminG by Adaptive microclimaTe managEment	STARGATEs contribution beyond state-of-the-art in applied climatic data solutions is the implementation of analytics models to support local and regional policy formulation and implementation related to mitigation on microclimate changes. Currently, policy making organizations predominantly utilize own data, typically limited to their own jurisdiction/administrative area. However, once the policy development process expands the evidence base and data sources beyond the traditional approach, there is need for global data. The addition of national, European and even global reference data sets for comparative analysis — including meteorological, climatic analysis, satellite data sources to improve decision making processes. The studies at landscape scale are required to understand leading ecological processes. The focus will be on Climate Smart Agriculture (CSA) and will extensively study the benefits of applying agri-environment-climate technical solutions to achieve sustainable agricultural development at landscape level. It means to support farm management modernization and at the same time get to know the underlying ecological factors that shape the farming landscape. STARGATE will leverage access to this data and also STARGATE climatic platform including developed models platforms to foster easy and affordable adoption by policy making bodies. The simples approach to decision support in policy development is effective visualization of data. Good visualization supports the policy developers' in modelling sustainable policies and decisions. Unlike algorithmic simulation and modelling,	https://cordis.europa.eu/project/id/818187

Tabla 10.1. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático aplicables al sector lácteo, financiados a nivel europeo.

Acrónimo	Título	Objetivo	Página web
		<p>visualization leaves the actual decision and assessment to a human user and thus provides an extra quality assurance before actual policy decisions are made. STARGATE provides innovative components for visualization of big data with a particular emphasis on geospatial visualization and advanced, dynamic charting.</p>	
Target-N2O	<p>Targeting N2O emission hot-spots in dairy pastures for mitigation action: microbes, stable isotope methods and modelling</p>	<p>The Target-N2O project will deliver a high quality training-through research project aiming to improve N use efficiency and reduce emissions of the powerful greenhouse gas, N2O, from intensive dairy farms. The project will combine multi-disciplinary techniques in a novel way, including molecular ecology, stable isotope methods and whole-farm system modelling to determine the cost-benefits of an N loss mitigation strategy. The strategy would be to apply nitrification inhibitors to pasture areas which have been identified as farm-scale N2O emission hot-spots (e.g. areas of pasture around gateways, livestock shelter areas and camping areas). Such areas receive regular inputs of nutrients including labile N (through urine events) and carbon sources (via dung), which fuel microbial processes leading to enhanced and spatially variable GHG emissions. Evidence of the effectiveness of nitrification inhibitors to reduce N losses from these areas are lacking. The results of the action will have cross-sectoral impact (scientists, dairy and fertiliser industries and policy makers). The project will deliver decision support tools for farmers utilising such a mitigation strategy and will impact policy by improving national GHG inventories, establishing the effectiveness of cost-effective mitigation strategies.</p>	<p>https://cordis.europa.eu/search?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20(%27dairy%27%20AND%20%27production%27%20AND%20%27ghg%27)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasin</p>

Tabla 10.2. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático y el sector lácteo, financiados a nivel nacional.

Acronimo	Título	Objetivo	Página web
GESVAC 4.0	Gestión 4.0 del sector vacuno de carne	Desarrollo de una metodología de trabajo en base a información objetiva por y para el ganadero. Promover la utilización de la información como herramienta de análisis de negocio de las explotaciones de vacuno. Transferir conocimiento a todos los miembros de la cadena productiva. Integración de toda la información generada en el sector vacuno de carne.	https://www.gesvac.org/
-	Nuevos modelos de resiliencia en explotaciones de vacuno de leche	Este Grupo Operativo pretende encontrar un patrón de éxito para las explotaciones de vacuno de leche, que ofrezca alternativas en el modelo de producción actual de la cornisa cantábrica, que en la actualidad cuenta con una importante presencia en el uso de concentrados. Se persigue una mayor utilización de productos propios como punto de partida, que permitirá al ganadero reducir costes y mejorar los ingresos por venta de leche, que estará adaptada a la empresa de transformación más próxima	unionsagrarias_upagalicia@upa.es
-	Praderas de Cantabria y alimentos saludables con beneficio ambiental	Grupo Operativo creado para realizar un diseño de producciones y/o de alimentos de calidad a través de técnicas de manejo. Resultados de analíticas sobre el perfil de ácidos grasos, de análisis de huella de carbono e hídrica y rentabilidad	info@ugamcoag.org
-	Innovación en la gestión de deyecciones ganaderas	Creación de un Grupo Operativo, formado por cooperativas del sector ganadero y de leche de la Federación de Cooperativas, y el IRTA y la Fundació Mas Badia, como centros de investigación. Este Grupo Operativo ha definido los objetivos y el plan de trabajo de un proyecto piloto para ejecutar a lo largo del periodo 2016-2018, con el fin de encontrar soluciones innovadoras y que impliquen un cambio en el actual funcionamiento de la gestión de las deyecciones ganaderas.	angela.casanovas@fcac.coop
-	Implementación de un sistema de gestión de residuos ganaderos con aprovechamiento energético	El objetivo principal de la constitución del Grupo Operativo es la redacción de un proyecto, estudiando la viabilidad técnica, ambiental, social y económica, de un modelo de gestión de estiércoles y purines. Basado en la digestión anaeróbica y para paliar los efectos negativos de la generación de los mismos en explotaciones intensivas, generando beneficios energéticos y sociales con el aprovechamiento energético de los gases generados y la reducción de olores en cuanto al impacto social y consiguiendo una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y amoníacos. Se quiere también diseñar un sistema de utilización y aprovechamiento de los productos de la digestión: biogás y digestato.	asolans@coopirenaica.com
-	Cambios en la alimentación del ganado para disminuir las emisiones de metano y aumentar la productividad de leche	La finalidad de este Grupo Operativo es alcanzar una reducción y limitación de las emisiones de metano procedentes del ganado vacuno destinado a la producción de leche, y un aumento de la productividad de esta mediante cambios en la alimentación. Una adopción de mejores prácticas en la alimentación del ganado vacuno mitigara las emisiones de CH4, y la reducción de estas emisiones es necesaria para disminuir el impacto del ganado vacuno en el cambio climático, como para aumentar la eficiencia de los animales de producción lechera.	gandeirosdelugo@gmail.com
RUMPRINT	Huella ambiental de leche y carne de bovino	El objetivo principal es hallar el modo de reducir la huella ambiental de la carne y la leche de bovino producidos en Cataluña, sin mengua de la producción y la calidad	mmunte@agroambient.com
BEEFCOMPOST	Optimización del proceso de compostaje de estiércol de vacuno de carne	Reducir las toneladas producidas de estiércol por plaza y año. Mejorar la calidad del fertilizante generado mediante el compostaje de estiércol. Los datos del proyecto servirán para estimar mejor las toneladas producidas de estiércol por plaza y año, el efecto de su almacenamiento i su evolución durante un año. También se reducirán las emisiones de amoníaco y de gases de efecto invernadero ya que: Reducir el tonelaje reduce la excreción de nitrógeno en las deyecciones. El compostaje, al ser un proceso aerobio, reduce las emisiones de metano. La estrategia para mejorar la cualidad del compostaje busca retener el contenido de N, con el que se reducen las emisiones de amoníaco.	catalunya@asoprovac.com

Tabla 10.2. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático y el sector lácteo, financiados a nivel nacional.

Acrónimo	Título	Objetivo	Página web
–	Valorización de residuos y recuperación material de deyecciones ganaderas de vacuno	El principal objetivo del proyecto es el desarrollo y optimización del proceso de biosecado de estiércol de vacuno con el fin de obtener un biocombustible apto para ser utilizado en calderas convencionales de biomasa (uso en caldera)	rlach@fageda.com
CONTEMITE	Experiencia piloto en gestión de purines: concentración térmica y mitigación de emisiones	1. Reducir problemas ambientales derivados de una gestión ineficaz de purines.2. Implantar un sistema de tratamiento que sea rentable desde el punto de vista bioeconómico.3. Disminuir el volumen de purines de manera que facilite su manejo minimizando el coste del transporte del purín y del espacio ocupado por las balsas de almacenamiento.4. Recuperación de nutrientes en el producto seco	jmfernandez@grupo-frances.es
Skinny Milk Project	Supply Chain Project	El objetivo del proyecto es mejorar y asegurar la viabilidad de los productores lecheros participantes mediante la creación de negocios más resilientes con capacidad incorporada para la mejora continua. Esto se logrará mediante el uso de un enfoque de cadena de suministro para identificar planes de acción sencillos que se pueden utilizar para reducir costos y desperdicios. Cada granja recibirá una visita y un plan basado en sus circunstancias individuales.	hamish.walls@saos.coop
EUREL	–	Se centra en la producción de leche competitiva y respetuosa con el medio ambiente, estudió diez explotaciones en varios modelos productivos (desde totalmente extensivo y ecológico hasta intensivo), para medir balances de nitrógeno y fósforo además de la huella de carbono, de manera que se puedan identificar medidas que favorezcan el medio sin reducir eficacia productiva.	AGACA
COWCOMPOST	Diseño y valorización de abonos y tierras orgánicas procedentes de deyecciones ganaderas	investigar y desarrollar un nuevo proceso para producir un sustrato orgánico de alta calidad, procedente de explotaciones de ganado vacuno, que permita diseñar productos de alto valor añadido destinados a dos mercados diferentes: el mercado agrícola/hortícola y el mercado de las industrias extractivas y de restauración de suelos.	francesc.prenafeta@irta.cat

Tabla 10.1. Proyectos demostrativos sobre el cambio climático aplicables al sector lácteo, financiados a nivel europeo.

Acrónimo	Título	Objetivo	Página web
		stakeholders and researchers across Europe. It will bring together a European network of 24 existing experimental and commercial farms covering a wide diversity of natural and socio-economic conditions in which the most promising MFS will be implemented in order to verify their practicability and to perform an in-depth integrated assessment (economic and environmental).	
smartAKIS	–	Smart-AKIS project aims at examining the suitability and use of Smart Farming Technologies (SFT) in EU Agriculture involving farmers, the agricultural machinery industry, academia, research centers, agricultural engineering, and public bodies. Smart Farming representa la aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la agricultura: (1) Sistemas de Gestión de la Información: Sistemas planificados para la recogida, procesamiento, almacenamiento y disseminación de todo tipo de datos necesarios para gestionar las operaciones y funciones de las explotaciones agrícolas. (2) Agricultura de Precisión: Gestión de las variables espaciales y temporales para mejorar los rendimientos económicos en base a un uso preciso de los inputs que reducen a su vez el impacto medioambiental. Incluye Herramientas de Ayuda a la Decisión (HAD) para la gestión integral de explotaciones con el objetivo de optimizar los inputs y preservar los recursos, facilitada a través del uso de sistema de geoposicionamiento, sistemas de observación terrestre, imágenes aéreas obtenidas a través de drones y por la última generación de imágenes hipertemporales ofrecidas por los satélites Sentinel, que permiten el desarrollo de mapas con distintas variables espaciales relacionadas con la producción, la tipología de terreno, el contenido de materia orgánica, niveles de humedad y de nitrógeno en suelo, etc. (3) Automatización agrícola y robótica: La aplicación de tecnologías de robótica, el control automatizado y la inteligencia artificial en todos los niveles de la producción agrícola, incluyendo el uso de robots y drones agrícolas.	https://www.smart-akis.com/index.php/es/inici-o/
AGRICLIMATE	Agriclimate Farms adapted for the future	Agriclimate is a project initiated by Quebec farmers with the goal of understanding what climate change means for agriculture and implementing the best practices in response. As part of Phase 2 (2021–2024), our pilot farms will work in close collaboration to develop a new method for determining the most suitable actions for individual businesses. Representatives from these farms and their advisors will work together on the three pillars of fighting climate change: adapting farm businesses to the future climate, reducing greenhouse gas (GHG) emissions, and increasing carbon sequestration. At the end of the three years, the project results will be made available to all farm producers and advisors in Quebec.	https://agriclimat.ca/en/
Batfarm	Batfarm best available techniques to decrease air and water pollution in animal farms	Batfarm software simulates the effect of BAT (Best Available Techniques) farms, allowing the comparison of different BAT scenarios to help in the selection of the most appropriate environmental strategies in each case. Batfarm software is a free use tool that can be downloaded in this webpage, and it is available in Spanish, French, English and Portuguese	https://www.intiasa.es/es/batfarm-software.html?lang=es_ES
BovINE	BovINE Beef Innovation Network Europe	Thematic network project focused on knowledge exchange to help address the challenges and drive the sustainability of the European beef farming sector and community. The project will connect with farmers across Europe by providing an open platform – the BovINE Knowledge Hub – where beef farmers, advisers, member organisations and researchers can exchange knowledge and share experiences to drive awareness and adoption on farm of innovative and proven practices	https://www.bovine-eu.net/ https://www.bovine-eu.net/about/spain/
Sustainable Dairy	Dairy Coordinated Agricultural Project	The Sustainable Dairy Project is one of several United States Department of Agriculture (USDA) – National Institute for Food and Agriculture (NIFA), Coordinated Agricultural Projects (CAP). As described by the USDA, CAP awards support large-scale multimillion dollar projects in order to promote collaboration, open communication, and the exchange of information; reduce	https://jahnresearchgroup.net/what-we-do/dairy-coordinated-agricultural-project/ http://www.sustainabledairy.org/Pages/home.aspx

IRTA
RESEARCH | & | TECHNOLOGY
FOOD | & | AGRICULTURE

inLac
ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL LÁCTEA