

# Gases de efecto invernadero y producción caprina: ¿qué debemos tener en cuenta?

---

**Inmaculada Batalla, Guillermo Pardo, Agustín del Prado BC3**  
**Basque Centre for Climate Change**

12/05/2020

[774](#)

Se debe trabajar con un código de buenas prácticas, donde cualquier estrategia para reducir emisiones ha de contextualizarse considerando las dimensiones sociales, económicas y ecológicas.



*Cabras de raza Malagueña en una explotación extensiva.*

**Contextualización**

Los medios de comunicación en los últimos tiempos no se han aproximado al sector ganadero de una forma muy positiva principalmente desde el punto de vista de sus impactos ambientales, en especial con su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero. En concreto, dos informes del año 2019 (EAT-LANCET, 2019; IPCC, 2019a) causaron un gran impacto en los medios sobre el consumo de productos de origen animal, con mucha repercusión mediática, planteando dietas lo más sostenibles y saludables, donde los productos de origen animal en la dieta que se proponían ocupaban una porción muy pequeña. En agosto de 2019 se publicó un informe del IPCC 'Cambio climático y usos de la tierra' (IPCC, 2019a) donde los medios extrajeron como una de las grandes medidas la reducción del consumo de carne. Si bien este informe, planteaba una batería de 39 medidas donde en ninguna de ellas se hablaba explícitamente de la reducción de consumo de carne en sí, sino más bien a una transición hacia dietas más equilibradas donde sí cabía el consumo moderado de alimentos de origen animal, siempre que provinieran de producciones sostenibles. Otra medida de la que también se hicieron eco los medios y que es aplicable a lo largo de la cadena agro-alimentaria fue la de reducción de despilfarro alimentario. Este informe indica, basado en un informe de FAO 2013, que el despilfarro alimentario contribuiría entre el 8-10% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero global.

Dentro de estas 39 medidas, no obstante, una gran parte se enfocaban en cambios de manejo a nivel de explotación. Incluso, una de ellas se centraba en un cambio de especies ganaderas hacia sistemas con pequeños rumiantes o ganadería más resiliente a sequías y estrés por calor.

Según FAO (Gerber y col, 2013), la ganadería contribuye aproximadamente al 14,5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEIs) y es necesario abordar este tema. Este porcentaje no sólo tiene en cuenta las emisiones que tienen lugar en la explotación (emisiones directas de GEI), sino las emisiones asociadas a la producción de los insumos que se utilizan: alimentación comprada, fertilización, etc... Esto es lo que hoy día conocemos como 'huella de carbono', que mide las emisiones generadas por unidad de producto a lo largo de todo su ciclo de vida. En el caso de la producción ganadera, las emisiones de la ganadería tienen la peculiaridad de ser mayoritariamente de óxido nitroso  $N_2O$  y metano  $CH_4$  de origen biogénico, y en menor medida de dióxido de carbono,  $CO_2$ . Esto es sobre todo cierto para los sistemas de rumiantes y muy especialmente para los sistemas más extensivos, excepto aquellos en zonas del mundo donde se les presupone han sido la causa principal de deforestación (Gerber y col., 2013).

Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono (metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, etc.) son convertidos a su valor equivalente en dióxido de carbono ( $CO_2$ -e), multiplicando la masa del gas en cuestión por su Potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés: Global Warming Potential). El GWP es una medida de cuánto calor atrapa un gas de efecto invernadero en la atmósfera hasta un horizonte temporal específico, en relación con el dióxido de carbono. A la hora de estimar emisiones de GEIs, los resultados suelen darse en  $CO_2$ -e teniendo en cuenta el poder de calentamiento global a 100 años de los gases que están principalmente activos en el sector agrario estableciéndose una equivalencia lineal temporal de 100 años, para expresar todos en relación al  $CO_2$ . Según el 5º Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (AR5), que es la evaluación del cambio climático más completa realizada hasta el momento por el IPCC, se establecen equivalencias ( $CO_2$ -e) de 28 para el caso del metano, y 265 para el caso del óxido nitroso (IPCC, 2014). Estas equivalencias son las que comúnmente se han aplicado por defecto, por ejemplo, en los informes de inventarios nacionales de GEI, o en los estudios de análisis de huella de carbono.

### **La aparición de una nueva métrica (GWP\*) y el ciclo de carbono en los rumiantes**

En el último año, una nueva métrica (GWP\*) basada en un estudio de la Universidad de Oxford (Allen y col., 2018) ha empezado a tomar fuerza dentro del debate en la comunidad

científica en relación al papel de la ganadería en la consecución de los acuerdos de Cambio Climático de París (2015). Para evitar un cambio climático peligroso, el acuerdo establece un plan de acción mundial que pone el límite del calentamiento global por debajo de 2 °C. Para cumplir con este objetivo climático de 2 °C, se requieren acciones muy ambiciosas en las próximas décadas dentro de los diferentes sectores, incluyendo el agrícola, para lograr reducciones drásticas de emisiones de GEI (Sanz & Del Prado, 2016).

Se ha demostrado El GWP\* es un indicador más útil para reflejar el calentamiento que el GWP cuando se analizan sectores que emiten diferentes composiciones de gases (es decir, de larga duración o de corta duración) y al evaluar estrategias alternativas de mitigación. La nueva métrica GWP\*, a diferencia del GWP, es capaz de integrar y vincular el efecto que las emisiones de larga (e.g. CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O) y corta vida (CH<sub>4</sub>) tienen sobre sus concentraciones en la atmósfera y por tanto sobre el calentamiento global. Esta nueva métrica es muy importante ya que el metano de los rumiantes tiene un comportamiento diferente a los de otros gases de efecto invernadero.

Cuando quemamos combustibles fósiles liberamos un CO<sub>2</sub> nuevo a la atmósfera de un carbono que ha estado almacenado en el subsuelo por millones de años. Este CO<sub>2</sub> una vez liberado a la atmósfera permanece en la misma durante cientos de años, sumando al stock ya existente.

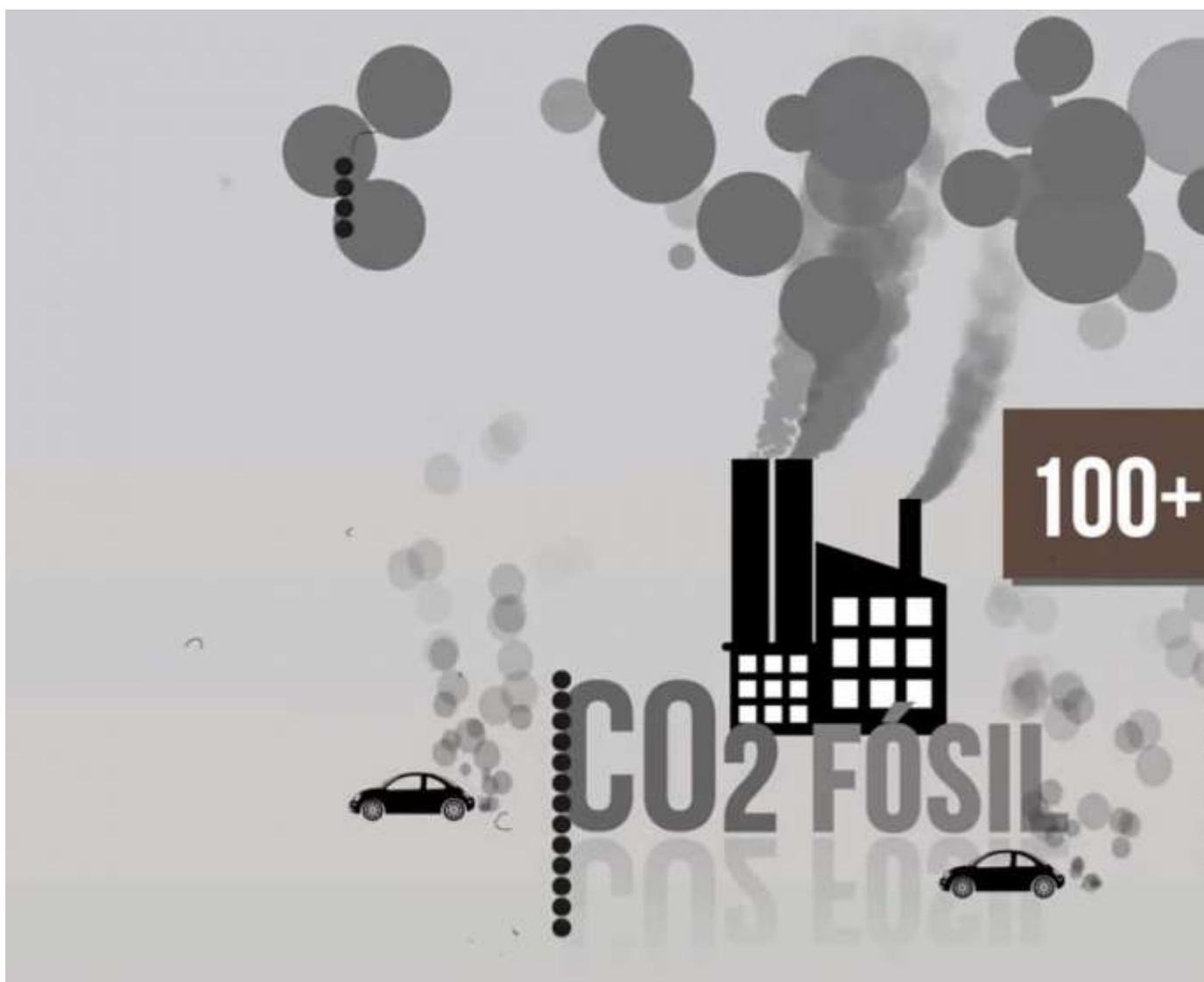


Figura 1. El CO<sub>2</sub> fósil se acumula durante más de 100 años en la atmósfera. Fuente: Infografía propia creada por Grigorenko Media para video en proyecto EU H2020 iSAGE y COP25.

Conceptualmente, podemos pensar que la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es como una bañera llena de agua. La bañera es la atmósfera, el agua es el  $\text{CO}_2$  atmosférico, el chorro del grifo es las tasas de emisiones de  $\text{CO}_2$  y el desagüe representa la capacidad natural para retirar ese  $\text{CO}_2$  de la atmósfera. Antes de la revolución industrial la cantidad del chorro de agua era la misma que la que se iba en el desagüe, de modo que el nivel de agua en la bañera no cambiaba, y así sucedía con la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera. La revolución industrial dio un vuelco a este equilibrio abriendo de forma muy rápida y drástica este grifo, y haciendo que la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera creciera y creciera hasta el calentamiento actual de la tierra.



*Figura 2. El calentamiento de la atmósfera por las emisiones de  $\text{CO}_2$  y el concepto análogo de la bañera en 3 imágenes: las partes de la bañera y su traducción en base a las emisiones, una bañera con nivel de agua estable en la época preindustrial y una bañera desbordándose en las últimas décadas. Fuente: Infografía propia creada por Grigorenko Media para video en proyecto EU H2020 iSAGE y COP25.*

Sin embargo, el metano de los rumiantes sigue un ciclo completamente diferente, tiene una vida media mucho más corta que los otros dos gases de vida larga ( $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ). De esta forma, en el ciclo del carbono de los rumiantes, pongamos una cabra. Esta cabra se alimenta principalmente de forrajes. Estos forrajes o cualquier planta, necesita agua, nutrientes y energía lumínica, entre otras cosas, para sintetizar hidratos de carbonos a partir del  $\text{CO}_2$  atmosférico en el proceso que llamamos fotosíntesis. Si hablamos de forrajes, cuando la cabra come dichos forrajes, parte de su celulosa es degradada y posteriormente digerida a través de la flora bacteriana que los rumiantes como la cabra

tienen en el rumen. Parte de la energía contenida en esa celulosa la excreta o la respira en forma de  $\text{CO}_2$  y una pequeña parte de esa energía contenida en esa planta no es capaz de procesarla y se eructa en forma de metano. Este metano, sin embargo, permanece solamente unos 12 años en la atmósfera hasta que se degrada por fotooxidación en una molécula de  $\text{CO}_2$ . Este  $\text{CO}_2$  podemos pensar que es como el  $\text{CO}_2$  que la cabra respira (o igual que el que respiramos nosotros, por ejemplo) y por tanto, podemos considerar climáticamente de efecto neutro y que es la molécula que está siendo ciclada una y otra vez a través de la fotosíntesis y el rumiante. Así, la molécula de  $\text{CH}_4$  que proviene del rumen o de la degradación de estiércoles, por ejemplo, tiene una capacidad grande de calentamiento, pero sólo aproximadamente una década. Pasada una década, este metano se convierte de nuevo en  $\text{CO}_2$ , cerrando el ciclo. Y este proceso se repite una y otra vez.



Figura 3. Ciclo C en rumiantes. Fuente: Basado en Rotz & Hristov, 2019. Infografía propia creada por Grigorenko Media para video en proyecto EU H2020 iSAGE y COP25.

De nuevo, podríamos intentar explicar este proceso del metano con el concepto de la bañera. De esta forma, podemos considerar que el agua que se va por el desagüe (la degradación del metano en  $\text{CO}_2$ ) es muy rápida (cada diez años) y así, el tamaño del desagüe y el chorro de agua que sale de este desagüe es prácticamente la misma que sale del grifo si no cambiamos las tasas de emisiones de año en año. O sea, si no añadimos más rumiantes en los años venideros.



Figura 4. El calentamiento de la atmósfera por las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la ganadería y el concepto análogo de la bañera. Infografía propia creada por Grigorenko Media para video en proyecto EU H2020 iSAGE y COP25.

Mientras que para estabilizar la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (el agua en la bañera) necesitamos reducir muchísimo las tasas de emisión de combustibles fósiles (cerrar el grifo del CO<sub>2</sub>) a través de una transición rápida a energías renovables y un menor consumo de energía, en el caso del metano, para estabilizar la concentración de CH<sub>4</sub> en la atmósfera tan sólo hace falta una pequeña reducción en su tasa de emisión (aprox. 0,3% al año, Cain y col., 2019).

Y aquí está la clave para sectores como el caprino a la hora de hablar del impacto que las emisiones de GEIs tiene sobre el calentamiento global.

En clave más actual, la caída de la actividad en transportes, consumo o empresas durante la crisis del COVID-19 en el año 2020 ha ocasionado una menor demanda y uso de combustibles fósiles. Consecuentemente, se ha producido una reducción en la emisión de CO<sub>2</sub> de origen humana sin precedentes. Esta reducción en emisiones de CO<sub>2</sub> se ha especulado que tendría que reflejarse en una reducción de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Sin embargo, dicha reducción no ha sido suficiente grande y/o mantenida en el tiempo para conseguir estabilizar, que no reducir la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico. De esta forma, aun el desagüe de la bañera del CO<sub>2</sub> sigue siendo más pequeño que el flujo de agua del grifo. Realmente es sencillo: mientras se emita más CO<sub>2</sub> de lo que la naturaleza

puede absorber, la temperatura del planeta aumentará. Y ese carbono extra tarda mucho tiempo en ser drenado de la bañera.

### Aplicación de la nueva métrica (GWP\*) sobre el sector caprino

Considerando la evolución de la cabaña caprina en Europa en el periodo 1961 hasta 2017, se observa que la misma, aunque ha fluctuado durante estas décadas, se ha permanecido bastante estable. Desde el punto de vista de emisiones directas para Europa en el período 1961-2017, que son las que se contabilizarían en un inventario de GEI nacionales, la mayor proporción de las emisiones directas totales de GEI es por pérdidas de CH<sub>4</sub> en forma entérica (86%) y estiércol CH<sub>4</sub> (8%). Otras fuentes de GEI, que fueron mucho más bajas, incluyeron pérdidas directas de N<sub>2</sub>O por pastoreo (4%), almacenamiento de estiércol y emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O, de amoníaco (NH<sub>3</sub>) y emisiones de NO<sub>x</sub> de la aplicación de estiércol, pastoreo, alojamiento y almacenamiento de estiércol.

Se alcanzaron las emisiones máximas entre 1989-1990. Las emisiones directas de gases de efecto invernadero se han mantenido relativamente constantes para las cabras en las últimas décadas incluso teniendo en cuenta que la producción de leche de cabra en Europa ha aumentado aproximadamente un 25% en el período 1990 a 2017.

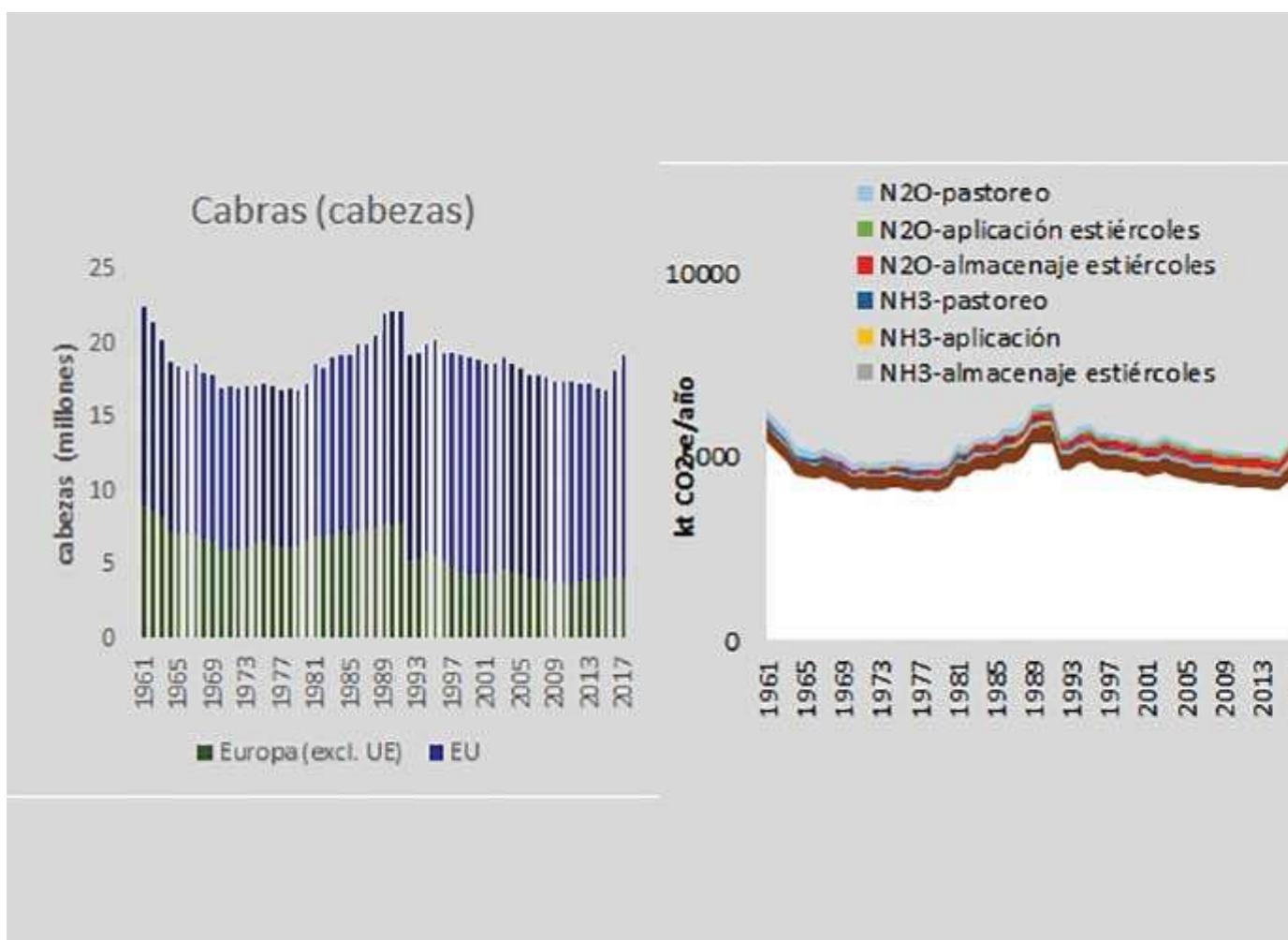


Figura 5. Cabezas de ganado en Europa y EU y fuentes de emisiones directas de GEIs en los sistemas caprino europeos en los años 1961-2017. Basado en FAOstat y cálculos propios (Del Prado y col. 2020) basados en metodología IPCC (2019b) desarrollados en proyecto UE iSAGE.

Usando la nueva métrica de la Universidad de Oxford (GWP\*), como antes hemos mencionado, podemos vincular las tasas anuales de emisión de GEI con el efecto de calentamiento de los animales. Así, en el proyecto H2020 UE iSAGE hicimos el ejercicio para el sector de pequeños rumiantes en Europa. La figura 6 muestra el efecto que las

emisiones de CH<sub>4</sub> (fermentación entérica y estiércol) de sistemas de producción de los pequeños rumiantes tienen sobre el calentamiento global en el período 1990-2017, que en parte también es causado por las emisiones de N<sub>2</sub>O, las emisiones actuales de CH<sub>4</sub> y los cambios en las tasas de emisión de CH<sub>4</sub> producido décadas antes.

El resultado fue que para el período 1990-2017, el sistema europeo de producción de ovejas y cabras (contabilizando sus emisiones directas de GEI) no ha contribuido a un aumento adicional de la temperatura.

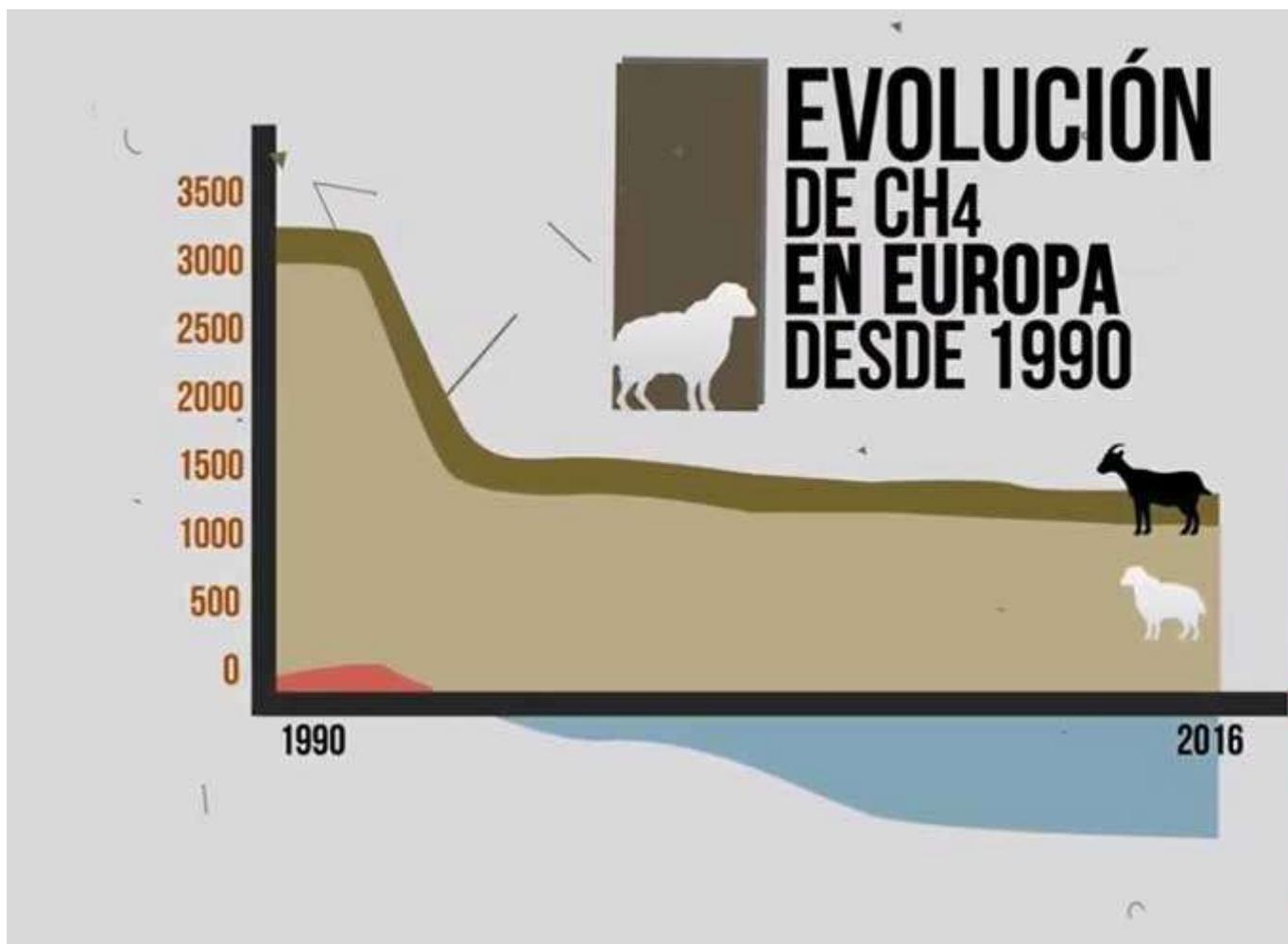


Figura 6. Evolución de las emisiones de emisiones directas de CH<sub>4</sub> de pequeños sistemas de producción de rumiantes en Europa y su efecto sobre el calentamiento atmosférico. Fuente: Cálculos propios de proyecto iSAGE utilizando el último refinamiento del IPCC (2019b), FAOSTAT y la metodología de la Universidad de Oxford GWP\*. Infografía propia creada por Grigorenko Media para video en proyecto UE H2020 iSAGE y COP25.

Este tipo de metodologías podemos aplicarlas al sector nacional de caprino. Así, utilizando la información de GEI del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para el sector de caprino (período 1990-2018), la metodología GWP\* y diferentes proyecciones de cambios de GEI anuales (2020-2100) podemos cuantificar el efecto del sector caprino sobre el calentamiento global bajo diferentes escenarios. Así, para las siguientes décadas hasta 2100, la producción de caprino en España estaría ocasionado un calentamiento si no se produjeran cambios o aumentaran en su tasa de emisión de 2018. Si, por el contrario, el sector pudiera reducir aproximadamente a un ritmo de 0,35% sus emisiones anuales, entonces las cabras en España, a través de sus emisiones directas de GEI, no estarían generando un impacto sobre el calentamiento global y ayudarían a estabilizar las concentraciones de CH<sub>4</sub> atmosféricas mundiales.

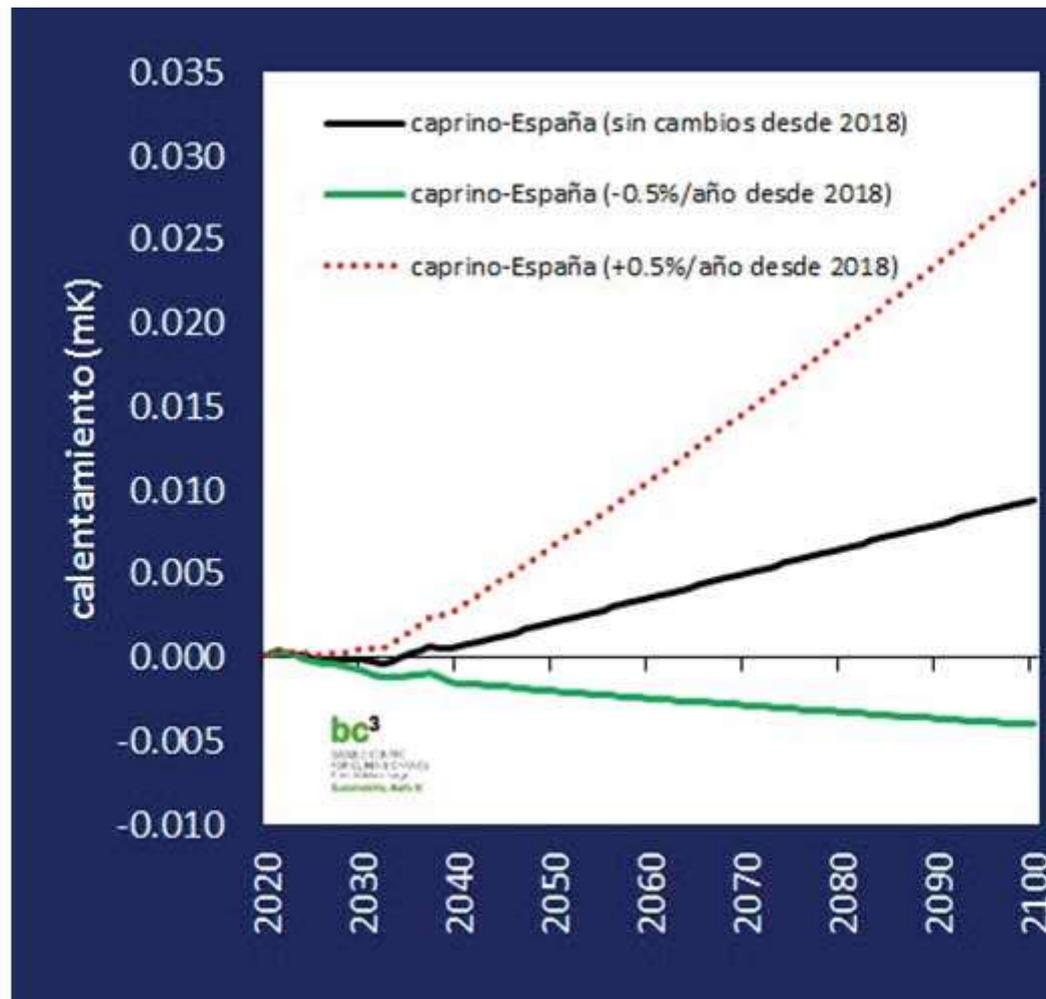


Figura 7. Efecto sobre el calentamiento global (en mK) para diferentes escenarios en España de producción de caprino con una diferente evolución en el cambio en la tasa de emisiones directas de GEI (sin cambios desde 2018, reduciendo 0,5% anualmente-verde, aumentando 0,5% anualmente-rojo). Cálculos propios utilizando datos públicos de emisiones de GEI (1990-2018) y la metodología de la Universidad de Oxford GWP\*.

### Metodologías de cálculo muy poco específicas para sistemas productivos muy diversos

Las directrices del IPCC se utilizan de forma general para contabilizar emisiones de gases de efecto invernadero. Estas son las que utilizan los países para hacer sus inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, pero también en muchos estudios de análisis de ciclo de vida y cálculo de huella de carbono. Para el caso de pequeños rumiantes, ovejas y cabras, al contrario que para vacuno, hasta el año 2019 las metodologías de cálculo eran muy poco específicas, dada la gran variedad de estos sistemas. En el año 2019, se publicaron unas directrices actualizadas (IPCC, 2019b), que comparadas con las del año 2006 (IPCC, 2006) han definido mucho más la metodología para el caso del caprino y del ovino, sistemas de producción y diferenciando en la parte de cultivos y pastos entre zonas secas, húmedas, etc...

Un problema que estaba generando trabajar con metodologías muy poco definidas, para sistemas tan diversos, es que, para el caso de los análisis de huella de carbono, se estaban comparando resultados entre sistemas más intensivos, y con sistemas más extensivos, no siendo muy precisa esa comparación. Como ejemplo, en explotaciones muy extensivas, con grandes cantidades de pasto en la alimentación, en el perfil de emisiones, el metano de la fermentación entérica es la mayor fuente de emisiones de GEIs (Gutiérrez Peña y col., 2019), mientras que en sistemas más intensivos con altas aportaciones de

concentrado en la dieta, las emisiones procedentes de la producción de esos concentrados pueden superar a las emisiones de metano (Pardo y col. 2016).

Las nuevas directrices afinan mucho más en varios aspectos, como por ejemplo, para el óxido nitroso, principal gas en la gestión de suelos agrícolas. Hasta el año pasado se asumía que el 1% de cualquier tipo de nitrógeno añadido al suelo en forma de fertilizante, se emitía en forma de óxido nitroso. Con el refinamiento este número varía para zonas húmedas o secas, siendo 1,6% del nitrógeno aplicado por fertilizantes de síntesis en climas húmedos, 0,6% para el resto de inputs de nitrógeno (residuos de cultivos, fertilizantes orgánicos, etc...) y 0,5% para cualquier inputs de nitrógeno en climas secos. En el caso del nitrógeno depositado durante el pastoreo, en las antiguas guías se consideraba para el ovino y caprino que el 1% se emitía en forma de  $N_2O$ , y con la nueva metodología es un 0,3%.

Si recalculamos todas las emisiones, vemos diferencias como las que se plantean en la figura 8 para Europa en el período 1961-2017. Utilizando la nueva metodología, reduciríamos 28% emisiones de los inventarios nacionales afinando mucho más en el cálculo para el caso del sector caprino.

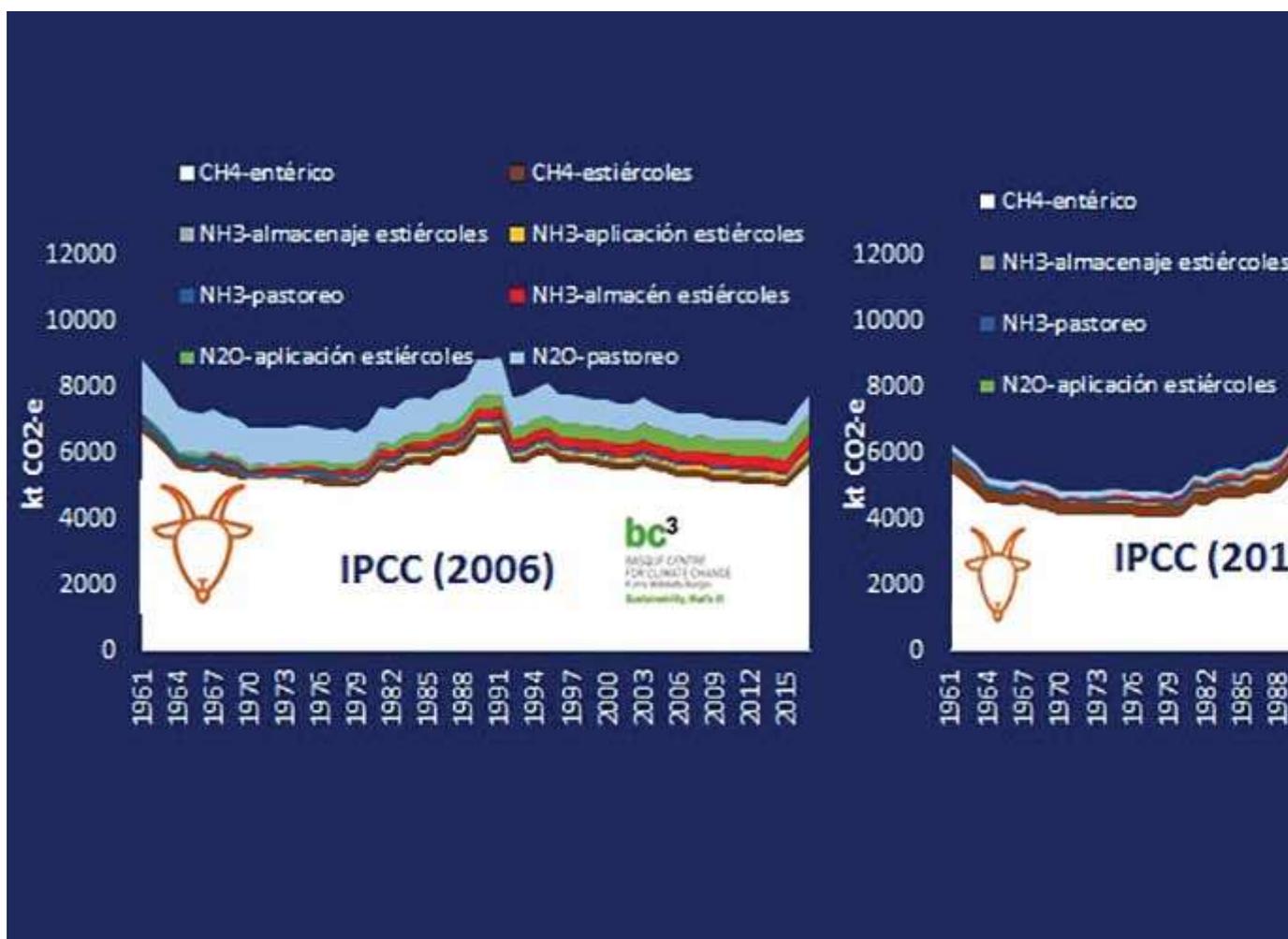


Figura 8. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero usando metodología de IPCC (2006) vs. IPCC (2019b) para el período 1961-2017. Fuente: Cálculos propios de proyecto UE iSAGE utilizando el último refinamiento de IPCC (2019b), IPCC (2006) y números de cabezas de ganado FAOSTAT. Los valores se expresan como kt CO<sub>2</sub>-e.

**Los rumiantes y su contribución al calentamiento global: ¿qué podemos hacer desde el sector?**

La mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería, es uno de los retos a los que se enfrenta el sector en los próximos años. Trabajar dentro de un código de buenas prácticas sería una táctica muy interesante, donde cualquier estrategia para reducir sus emisiones ha de contextualizarse considerando las dimensiones sociales, económicas y ecológicas.

Existen varias líneas que abordar en el caso del caprino. La reducción de la huella de carbono en la alimentación, donde los concentrados tienen un peso importante, especialmente en rebaños con dietas con una relación concentrado/forraje altas. Conocer el origen de los ingredientes, y apostar por fuentes de proteína alternativas a la soja tendrían un poder de reducción en la huella a tener en cuenta. Mejorar las fuentes de alimentación y uso de subproductos en la alimentación es una estrategia interesante y posible para el caprino (Pardo y col. 2016). El uso de forrajes de alto valor nutritivo, y la utilización de recursos pastables existentes en nuestros territorios, también son estrategias recomendables, ya que además, contribuyen a la fijación de carbono en el suelo (Batalla y col. 2015) y aportan numerosos beneficios para la sociedad, cada día más visualizados y valorados.

El planteamiento de considerar por separado el metano biogénico de la fermentación entérica de los rumiantes con respecto al usos de combustibles fósiles que introducen nuevos gases de efecto invernadero en la atmósfera, es una gran oportunidad para utilizarse en debates presentes hoy en día, que en algunos lugares como en el Reino Unido están afectando a sistemas ligados al pastoreo donde se está planteando liberar territorio para reforestar masivamente, proponiendo la reducción de consumo de carne, sobre todo carne roja, afectando a sistemas ligados a pastoreo, pretendiendo liberar hectáreas para una intensificación sostenible, sustituyendo estos animales, por carne de aviar y porcino.

Las metodologías de cálculo como hemos podido observar presentan mucha incertidumbre, especialmente en sistemas tan heterogéneos como es el caso del caprino. Pero día a día van afinándose, ya que van apareciendo más estudios. De tal forma que es importante conocer el origen de las emisiones de gases de efecto invernadero para contextualizar los resultados que se plantean, puesto que muchas veces nos quedamos con el resultado final, sin saber cómo se ha llegado a él.

### **Agradecimientos**

*La investigación del BC3 cuenta con el apoyo del Gobierno español a través de la acreditación de excelencia María de Maeztu 2018-2022 (Ref. MDM-2017-0714) y del Gobierno Vasco a través del programa BERCA 2018-2021. Este trabajo también fue apoyado por el proyecto Horizon2020 SFS-01c-2015 titulado 'Innovación de producción sostenible de ovejas y cabras en Europa (iSAGE)' (número de subvención 679302). Agustín del Prado está financiado por el programa Ramón y Cajal del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España (RYC-2017-22143).*

### **Enlaces de interés**

*El papel de los rumiantes en la mitigación del cambio climático \*el bueno y el malo. <https://www.youtube.com/watch?v=QVH5142rhkg> Video- infografía desarrollada por Grigorenko Media. <http://grigorenkomedia.com/>*

*Agustín del Prado. "Rumiantes y cambio climático. ¿Ángeles o demonios?" <https://www.youtube.com/watch?v=GcYgRDZp-pA>*

### **Referencias**

- Allen M, Cain M, Lynch J. and Frame D. 2018. *Climate Metrics for Ruminant Livestock*. <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/climate-metrics-for-ruminant-livestock/>
- 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(0), 121-129.

- Cain, M., Lynch J., Allen, M.R., Fuglestvedt, J. S., Macey, A., Hand Frame, D.J. 2019. Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *NPJ Clim. Atmos. Sci.* 2 29
- Gutiérrez-Peña R., Mena Y., Batalla I., Mancilla-Leytón J.M. 2019. Carbon footprint of dairy goat production systems: A comparison of three contrasting grazing levels in the Sierra de Grazalema Natural Park (Southern Spain). *Journal of environmental management.* 232. 993-998
- Del Prado A. Batalla I, Pardo G, Galán E, Thomas C, Ragkos A, Theodoridis A & Arsenos G. 2020. Deliverable 4.4 Proyecto EU ISAGE. New trajectories towards innovative sheep and goat production systems.
- Del Prado A. & Sanz MJ. 2016. Implicaciones del Acuerdo de París en los sectores relacionados con los usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y la silvicultura. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente* 114, 84-95.
- EAT-Lancet Commission, 2019. *Healthy Diets From Sustainable Food Systems.* *Food Planet Health.* Disponible en: <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/eat-lancet-commission-summary-report/>
- España, 2020. Informe Inventarios GEI 1990-2018. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEI.aspx>
- FAO, 2013. *Food Wastage Footprint. Impacts on Natural Resources.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 63 pp.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A. & Tempio, G. 2013. *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories — IPCC. 2006* URL <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)].* IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC, 2019a. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.*
- IPCC. 2019b. *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories — IPCC* URL <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
- ISAGE. *Innovation for sustainable sheep and goat production in Europe. Proyecto H2020 UE.* <https://www.isage.eu/>
- Pardo G., Martin-Garcia I., Arco A., Yañez-Ruiz D.R., Moral R., Del Prado A. 2016. Greenhouse-gas mitigation potential of agro-industrial by-products in the diet of dairy goats in Spain: A life-cycle perspective. *Animal Production Science.* 56. (3) 646-654.
- Rotz, C.A., Hristov, A.N. 2019 *Are U.S. cattle causing an increase in global warming? Fact Sheet 21 in the Series: Tough Questions about Beef Sustainability.* *Beef Research.*
- UNFCCC, 2015. *Acuerdo de París.* <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.