



LA GANADERÍA CAPRINA PASTORAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Y. Mena¹, J.M. Mancilla-Leytón², S. Muñoz-Vallés^{1,2}, E. Morales-Jerrett¹, R. Gutiérrez-Peña, I¹. y M. Delgado-Pertiñez¹

¹ Departamento de Ciencias Agroforestales. ETSIA (Universidad de Sevilla). Cta. De Utrera no 1. 41013 Sevilla.

² Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Biología (Universidad de Sevilla). Avda. Reina Mercedes S/N. 41012 Sevilla

LA NATURALEZA, LA ACTIVIDAD HUMANA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Todo sistema económico reposa sobre los cimientos de la naturaleza. Por una parte, los ecosistemas son la fuente de todos los materiales y energía procesados a lo largo del sistema productivo hasta su transformación en bienes o servicios de consumo. Por otra, son el sumidero al que van a parar todos los residuos derivados del metabolismo económico (Cómez-Baggeth y de Groot, 2007).

Si bien esta dependencia humana de los ecosistemas es evidente en las economías de subsistencia ligadas al medio

► El pastoreo contribuye no solo a la obtención de productos de origen animal de alta calidad vinculados al territorio sino también a la prevención de incendios forestales, a la mejora de la biodiversidad, a la conservación de los ecosistemas y a mantener una población rural activa

► Son necesarios más estudios que aporten un mayor conocimiento sobre la multifuncionalidad de los sistemas de producción pastorales entendidos como servicios a la sociedad, visibilizarlos, valorizarlos e incorporarlos a la toma de decisiones

natural, donde las personas toman directamente de ellos todo lo que necesitan para vivir, no lo es tanto en países con economías de mercado consolidadas, donde el sector servi-

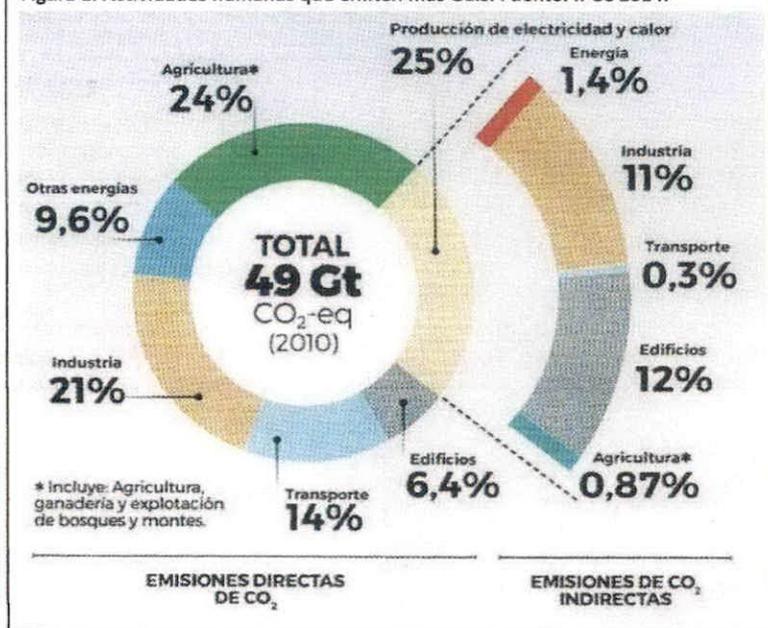


cios toma protagonismo. Ello es debido a que gran parte de la población está en las ciudades, habiendo perdido el contacto con el medio rural, y a que, como consecuencia del creciente comercio internacional, los consumidores obtienen servicios de los ecosistemas de todo el planeta. La dependencia de las personas de la naturaleza es innegable, como lo es también que ésta está sufriendo un importante deterioro.

A partir de los años 70 se desarrolla una conciencia social acerca de la crisis ecológica global. Este interés no solo viene dado por un deber ético, la necesidad de dejar a nuestros hijos un planeta, al menos, tal como el que nos hemos encontrado, sino también por nuestro propio interés, ya que los ecosistemas y su mantenimiento son la base de nuestra subsistencia, así como del desarrollo económico y social del que depende nuestro bienestar.

Cada vez es más recurrente en las noticias o en las conversaciones cotidianas, la preocupación por el cambio climático. Este fenómeno en realidad no hace referencia al cambio climático en sí, ya que éste cambia de forma natural, sino a la 'sospecha' de cómo las actividades antrópicas pueden provocar efectos negativos en el clima. Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, éste es "un cambio del clima debido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que va más allá de la variabilidad climática natural". El efecto que las actividades antrópicas pueden tener sobre el clima es difícil de predecir de forma precisa, ya que depende de múltiples factores que son cambiantes e interaccionan entre sí. No obstante, se admite plenamente que la acumulación de los gases de efecto invernadero en la atmósfera (GEIs: dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, hidrofluorocarbonados, perfluorocarbonados y hexafluoruro), como consecuencia de las actividades humanas, contribuye a la elevación de la temperatura promedio global, la principal manifestación de este fenómeno. En la **Figura 1** se muestran las actividades humanas que emiten más gases de efecto invernadero, aunque como afirma Mitloehner en su artículo de opinión publicado por el diario El País (2018), las comparaciones entre subsectores deben realizarse con cuidado, ya que no siempre se usan los mismos criterios metodológicos. Mientras que para medir las emisiones del ganado, la FAO ha tenido en consideración todos los factores asociados a la producción de carne, entre los que se encuentran las emisiones generadas por la elaboración de fertilizantes, la conversión de bosques en pastos, el cultivo de materias primas destinadas a la alimentación animal y las emisiones que provienen de los animales desde su nacimiento hasta su muerte, cuando analizaron las emisiones de carbono producidas por el transporte sólo tuvieron en cuenta las emisiones directas de coches, camiones, trenes y aviones.

Figura 1. Actividades humanas que emiten más GEIs. Fuente: IPCC 2014.



En este último caso, ignoraron los efectos sobre el clima que provienen de la fabricación de materiales y piezas de los vehículos, el ensamblaje de los mismos y el mantenimiento de carreteras, puentes, aeropuertos y otras infraestructuras. Como resultado, la comparación que hizo la FAO de las emisiones de gases de efecto invernadero entre ganadería y transporte estaba completamente distorsionada al no existir una evaluación del ciclo de vida completo del transporte con la que se pueda comparar el realizado para la ganadería.

De los distintos gases mencionados, tres son los que podrían determinar importantes modificaciones en el clima: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nítrico (N₂O). Las emisiones de dióxido de carbono son las principales responsables del calentamiento del planeta y proceden de la producción y utilización de combustibles fósiles como principal fuente energética para los usos más diversos. Las principales fuentes de emisión del metano son la agricultura (digestión el ganado), los residuos (vertederos), y la energía (producción de carbón y distribución de gas natural). Por último, las emisiones de óxido nítrico son generadas por la producción de ácido nítrico y ácido adíptico y la utilización de abonos en la agricultura (Tapia et al 2005).

LOS RUMIANTES, LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA HUELLA DE CARBONO

El tratamiento por parte de los medios de comunicación generalistas sobre la participación de los rumiantes domésticos en el proceso de cambio climático mediante la emisión de GEIs, no ha sido siempre adecuado. Ejemplos de ello son el documental *Cowspiracy* (<http://www.cowspiracy.com>) emitido en 2015, en el que se acusa a organizaciones ambientales de ignorar el rol de la industria ganadera en el cambio climático, o la reciente noticia aparecida sobre la futura imposición, desde Bruselas, de un impuesto a las vacas por el metano que emiten.



Según las últimas investigaciones realizadas, la contribución de la actividad pecuaria en las emisiones globales de GEIs es aproximadamente del 15-18% del total, considerando el uso directo e indirecto de la tierra (Hristov et al., 2013). Los rumiantes son los responsables del 80% de las emisiones de la ganadería, debido principalmente a la generación de metano, producto de la fermentación entérica.

La huella de carbono (HC) es el indicador más utilizado para proporcionar información sobre la contribución de un determinado producto a la emisión de GEIs (Sinden, 2009). Este indicador se estima utilizando la metodología del 'análisis de ciclo de vida' (ACV), también conocida como análisis 'de la cuna a la tumba', que consiste en tener en cuenta todas las etapas del ciclo productivo, es decir, medir las emisiones desde la extracción de la materia prima hasta el producto final. La HC se expresa en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂eq) por unidad de producto y es calculada según la norma vigente PAS 2050 y las directrices establecidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC).

La HC se calcula de la siguiente manera:

Emisiones netas de CO₂ equivalente (kg)/leche o carne producidas (kg)

El CO₂ equivalente (CO₂ eq) constituye la suma de los tres gases principales: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nítrico (N₂O). Cada uno de los gases de efecto invernadero afecta a la atmósfera en distinto grado y permanece allí durante un periodo de tiempo diferente. El óxido de nitrógeno y el metano, los principales GEIs generados en la producción ganadera, perduran décadas, mientras que el impacto del CO₂ puede durar milenios.

La medida en la que un GEI determinado contribuye al calentamiento global se define como su Potencial de Calentamiento Global (PCG). Para hacer comparables los efectos de los diferentes gases, el PCG expresa el potencial de calentamiento de un determinado gas en comparación con el que posee el mismo volumen de CO₂ durante el mismo periodo de tiempo, por lo que el PCG del CO₂ es siempre 1, mientras que el PCG del metano durante 100 años es 25 y el del óxido nítrico es 298. Esto significa que las emisiones de una tonelada métrica de metano o de óxido nítrico son equivalentes a las emisiones de 25 y 298 toneladas métricas de dióxido de carbono, respectivamente (Red Ambiental de Asturias, 2019). Debido a su gran poder de calentamiento

Tabla 1. Características de las distintas granjas de estudio. G1 granjas pequeñas de baja productividad y baja dependencia de insumos externos para la alimentación de los animales; G2: granjas medianas con una productividad media-alta y gran dependencia de insumos externos y G3: granjas grandes con productividad medio-alta y baja dependencia de insumos externos (Mena et al. 2017).

	G1	G2	G3
Granjas	4	5	7
Cabras presentes (n)	174	251	572
Superficie de matorrales (ha)	58	20	226
Superficie de pastos herbáceos naturales (ha)	9	22	29
Superficie de pastos cultivados (ha)	6	8	30
Rastrojeras (ha)	8	-	18
Energía Neta obtenida en pastoreo (%)*	47	19	47
Kg de concentrados aportados en pesebre/año	0,8	1,3	0,9
Kg de forrajes aportados en pesebre/año	0,1	0,4	0,0
Litros de leche vendidos por cabra/año	177	333	336

*Calculada a partir de la diferencia entre las necesidades energéticas de las cabras lactantes y el aporte de energía a través de los piensos y forrajes suministrados en pesebre, expresado en porcentaje.

Tabla 2. Contribución de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (kg CO₂ eq por kg de leche corregida en grasa y proteína según la normalización Robertson et al. 2015) y del secuestro de carbono, en distintas granjas de estudio. G1: granjas pequeñas de baja productividad y baja dependencia de insumos externos para la alimentación de los animales; G2: granjas medianas con una productividad media-alta y gran dependencia de insumos externos y G3: granjas grandes con productividad medio-alta y baja dependencia de insumos externos.

		G1	G2	G3
Emisiones (kg CO ₂ eq/kg)	Emisiones del ganado	1,24 ± 0,18a	0,68 ± 0,06b	0,79 ± 0,09b
	Emisiones del suelo	0,20 ± 0,03a	0,13 ± 0,02a	0,18 ± 0,02a
	Emisiones inputs	0,44 ± 0,04a	0,50 ± 0,02a	0,39 ± 0,04a
Secuestro de carbono (kg C/kg da)	Secuestrado por los cultivos	0,34 ± 0,07a	0,07 ± 0,02b	0,22 ± 0,03a
	Secuestrado por el estiércol	0,14 ± 0,02a	0,08 ± 0,01b	0,09 ± 0,01ab

Filas con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas

global, el metano procedente de la fermentación entérica y el óxido de nitrógeno del estiércol, suponen la mayoría de las emisiones del ganado (Manzano y White, 2019).

Dado que el metano procede en su mayoría de la fermentación entérica que tiene lugar en el aparato digestivo de los rumiantes, y desde una perspectiva simplista, teniendo en cuenta únicamente los datos sobre emisiones brutas en las granjas, desde distintos ámbitos se está proponiendo una intensificación de los modelos de ganadería, con objeto de reducir dichas emisiones. Se recomienda sustituir a los rumiantes por los monogástricos cuando esto sea posible, que producen menos metano y son más productivos, con lo cual el valor de la HC disminuye al dividir las emisiones por una gran cantidad de unidades de producto.

Otro concepto que conviene aclarar es el de las emisiones netas de GEI, que son el resultado de restar a los GEIs emitidos, el carbono capturado o secuestrado por la vegetación y el suelo asociados a la ganadería en cuestión. La vegetación actúa como sumidero de carbono, lo cual contribuye a compensar los gases emitidos. Por tanto, para la sostenibilidad de las actividades agropecuarias, tan importante como reducir las emisiones de GEIs resulta incrementar las capturas de



carbón. Sin embargo, es difícil encontrar estimaciones de la HC que contemplen el secuestro de carbono, dada la dificultad de su medida. En las explotaciones ganaderas extensivas o semiextensivas es un aspecto importante a considerar y absolutamente necesario de incluir en el cálculo de la HC. Además, el secuestro de carbono se puede maximizar utilizando adecuadas prácticas de manejo durante el pastoreo del ganado, por ejemplo, mediante pastoreo rotativo (sistemas *multi-paddock*) o con una intensidad de pastoreo adecuada de acuerdo con las características del ecosistema pastado (tipo de suelo, precipitación, tipo de vegetación, etc).

UN CASO DE ESTUDIO: LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR LA GANADERÍA CAPRINA PASTORAL EN ANDALUCÍA

■ Breve reseña metodológica

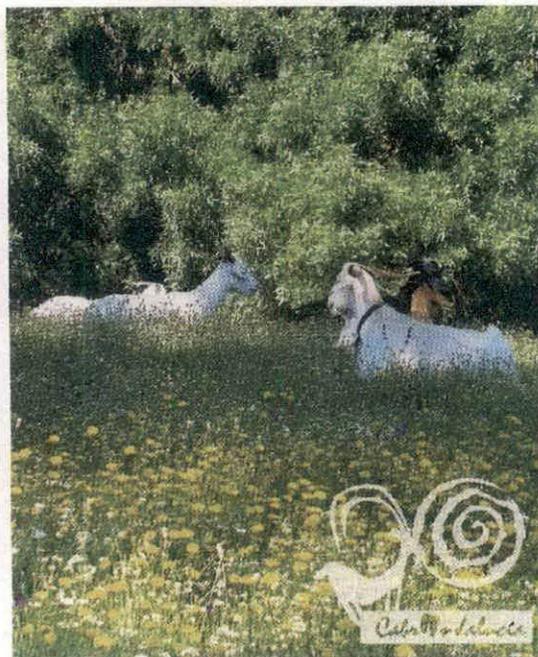
Una parte importante de la literatura científica sobre la emisión de GEIs en rumiantes está referida al ovino y vacuno, existiendo pocos trabajos específicos sobre la ganadería caprina y, en particular, sobre el caprino lechero en pastoreo. Además, la relación entre esta ganadería y los ecosistemas que pasta está poco documentada y, por lo general, suele ser difícil de obtener información válida.

Recientemente, investigadores de la Universidad de Sevilla llevaron a cabo un estudio con explotaciones caprinas de raza Payoya, localizadas en el Parque Natural Sierra de Grazalema (Gutiérrez-Peña et al., 2019). En los espacios protegidos de Andalucía la ganadería caprina de orientación lechera es una de las pocas actividades productivas posibles, contribuyendo, no solo a fijar población rural, sino también a la gestión y conservación de los ecosistemas en los que se localiza, caracterizados por la coexistencia de un mosaico de dehesas, en cuyo estrato arbóreo predominan especies del género *Quercus* (*Quercus illex*, *Q. suber* y *Q. faginea*). El sotobosque suele estar compuesto principalmente por vegetación de matorral y estrato herbáceo.

En colaboración con diferentes asociaciones de la zona se seleccionaron 16 granjas representativas de los sistemas de pastoreo caprino. Estas fueron monitorizadas mensualmente, recogiendo información sobre su manejo. La alimentación del rebaño se basa en el pastoreo de pastos naturales, tanto leñosos como herbáceos, aunque las cabras reciben un alimento suplementario de concentrados en pesebre, sobre todo durante el periodo de ordeño. Éstas paren una vez al año, concentrándose los partos entre noviembre y febrero, de modo que el período medio de ordeño es de entre seis y ocho meses. La lactancia de los cabritos es natural.

De acuerdo con los trabajos previos realizados por el equipo de investigación (Mena et al. 2017) estas granjas fueron clasificadas en 3 grupos: G1: granjas de baja productividad y baja dependencia de insumos externos para la alimentación de los animales; G2: granjas con una productividad media-alta y gran dependencia de insumos externos y G3: granjas con productividad medio-alta y dependencia media de insumos externos. Las características de los distintos grupos se muestran en la **Tabla 1**.

Para el cálculo de las emisiones de GEIs se delimitó el alcance del estudio 'desde la cuna hasta la tumba' y se tuvieron en cuenta todas emisiones que se producen a



nivel de la granja: emisiones del ganado, emisiones de los suelos gestionados, etc. Además, se tuvieron en cuenta las emisiones de la fabricación y transporte de cada uno de los *inputs* que entran en el sistema (fertilizantes, piensos, etc.).

Para estimar el carbono secuestrado por el suelo y la vegetación, se utilizó la metodología de Petersen et al. (2013).

En cuanto a la unidad funcional, debido a que no hay una referencia específica para la leche de cabra, se utilizó la estandarización aplicada a la leche de vaca (Robertson et al. 2015). Por último, dado que en este tipo de sistemas ganaderos hay, al menos, dos productos: la leche y la carne, no podíamos imputar todos los GEIs sólo a la leche, por lo que se utilizó como principio de asignación el económico, teniendo en cuenta el precio de venta del litro de leche y del cabrito.

Finalmente, la huella de carbono, expresada en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂eq) por kg de leche corregida en grasa y proteína, fue calculada según la norma vigente PAS 2050 y las directrices establecidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) para cada una de las explotaciones de estudio.

■ Principales resultados obtenidos

En la **Tabla 2** y la **Figura 2** se recogen los resultados relativos a las emisiones de GEI, el carbono secuestrado y la Huella de Carbono, para cada uno de los tres modelos productivos.

Los resultados pusieron de manifiesto que las emisiones totales por kg CO₂eq por kg de leche corregida fueron significativamente más altas en las granjas más extensificadas y menos productivas (G1) que en las otras granjas (G2 y G3), no encontrándose diferencias significativas entre estas dos últimas.

Como era de esperar, la principal fuente de emisiones de la ganadería fue el metano debido a la fermentación entérica. +



Los sistemas más extensivos suelen producir una mayor cantidad de metano, por la dieta que reciben. Por otro lado, al dividirse las emisiones entre los kg de leche producidos, es lógico que las explotaciones menos productivas obtengan valores mayores.

Actuaciones de manejo como proporcionar una cierta cantidad de alimentos concentrados a las cabras como suplemento al pastoreo, así como mejorar la calidad de los alimentos ricos en fibra, mejorarían el metabolismo ruminal, lo que conllevaría una disminución del metano emitido, así como un incremento de la productividad por cabra, consiguiéndose una reducción del valor de la emisión de GEIs por kilogramo de leche producida. Esta medida, que debe ser apropiada para cada situación concreta, puede considerarse como ejemplo de la 'intensificación sostenible' propuesta por algunos investigadores, como medida para reducir el impacto sobre el cambio climático de la ganadería pastoral.

Como se ha señalado en la introducción, para calcular correctamente la huella de carbono, es necesario restar a las emisiones las capturas de carbono producidas por el sistema. Los resultados de nuestro estudio mostraron que la captura total de carbono por kg de leche corregida fue significativamente menor en las granjas G2 que en las granjas G1 y G3, no encontrándose diferencias entre estas dos últimas, siendo el secuestro total de carbono de estas explotaciones más pastorales un 51-70% más alto que en las granjas G1 (más intensificadas).

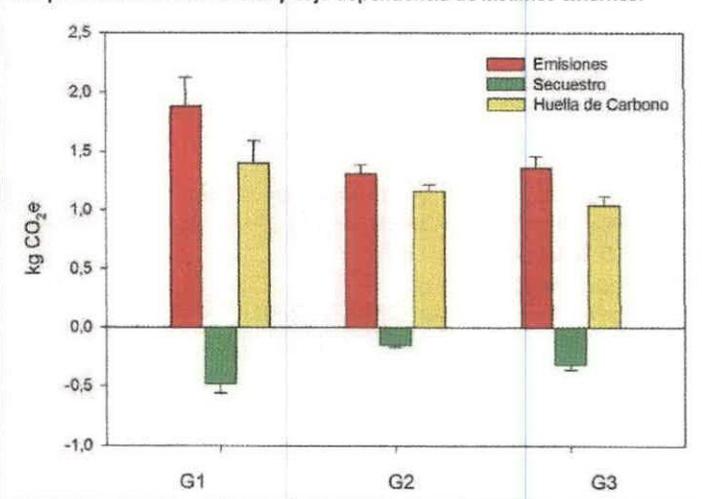
La inclusión del secuestro de carbono por los pastizales, en el cálculo de la HC, redujo las emisiones de GEIs de las granjas estudiadas, de modo que los valores de la HC (calculado como la diferencia entre emisiones y capturas) fueron de $1,40 \pm 0,19$, $1,16 \pm 0,16$ y $1,04 \pm 0,08$ kg CO₂e/kg para los grupos G1, G2 y G3 respectivamente, no encontrándose diferencias significativas entre los distintos grupos de estudio.

No cabe duda de que se abre un campo interesante de investigación, en el que es necesario hacer estimaciones más precisas, teniendo en cuenta las peculiaridades de los ecosistemas mediterráneos y, en particular, aquellos en los que hay presencia de ganado caprino. Conscientes de esta realidad, la Universidad de Sevilla, US, participa en un proyecto denominado Amaltea, Gestión Caprina Sostenible, financiado a través de la Junta de Andalucía en la convocatoria para el funcionamiento de Grupos Operativos Regionales de la Asociación Europea de Innovación en Materia de Productividad y Sostenibilidad Agrícola (EIP-AGRI), en el cual uno de los objetivos es proponer una metodología y estimar las capturas de carbono producidas por los diferentes modelos de ganadería caprina pastoral de Andalucía.

UN PROBLEMA GLOBAL QUE NECESITA UN ENFOQUE INTEGRAL

No cabe duda de que la actividad humana está acelerando el calentamiento del planeta, y con ello los efectos devastadores del cambio climático. La elevada demanda de productos de origen animal es una de las responsables de

Figura 2. Emisiones totales, secuestro de carbono y huella de carbono (kg CO₂e por leche corregida en grasa y proteína según la normalización Robertson et al. 2015) de las granjas de caprino lechero estudiadas. G1: granjas pequeñas de baja productividad y baja dependencia de insumos externos para la alimentación de los animales; G2: granjas medianas con una productividad media-alta y gran dependencia de insumos externos; y G3: granjas grandes con productividad medio-alta y baja dependencia de insumos externos.



las grandes cantidades de GEI emitidos a la atmósfera, por lo que es necesario analizar este hecho y adoptar las medidas oportunas, en especial en los países desarrollados económicamente, en los que la media de consumo de productos animales por habitante es alta.

A pesar de que el indicador Huella de Carbono (HC) está ahora presente en todos los debates, conviene detenerse un poco y reflexionar sobre la siguiente pregunta: ¿es suficiente con la HC para medir el impacto real de la actividad ganadera sobre el medio ambiente y, más concretamente, sobre el fenómeno del cambio climático? La respuesta es no. Es necesario abordar el problema desde un enfoque integral, teniendo no solo en cuenta las emisiones netas de GEIs en la granja sino también el resto de los elementos que intervienen, directa o indirectamente, en su ciclo y que habitualmente no son incorporados a los cálculos. La HC puede ser un indicador de referencia, pero no debe ser el único utilizado para planificar actuaciones que reduzcan el potencial efecto negativo de la actividad ganadera sobre el medio. Cualquier análisis riguroso debe incluir en el debate otros elementos tan importantes como que:

(i) los rumiantes existen desde hace milenios y juegan un papel importante en la naturaleza y la sociedad;

(ii) los rumiantes no compiten con el ser humano por los alimentos, de la misma manera que lo hacen otras especies de abasto, al ser los alimentos forrajeros su principal fuente de alimentación;

(iii) cada vez que se talan árboles para cultivar grano y forrajes destinados a la alimentación animal, se están destruyendo sumideros naturales de carbono;

(iv) en los sistemas en los que hay pastoreo se hace menor uso de la energía no renovable, en especial del petróleo y sus derivados ya que, por un lado, se tienen que producir, cosechar y transportar menos alimentos y, por otro, se tienen que usar menos fertilizantes químicos, los cuales emiten una



gran cantidad de GEI en su proceso de producción;

(v) cuando están bien manejados, la presencia de rumiantes en los ecosistemas incrementa la biodiversidad y contribuye a prevenir los incendios.

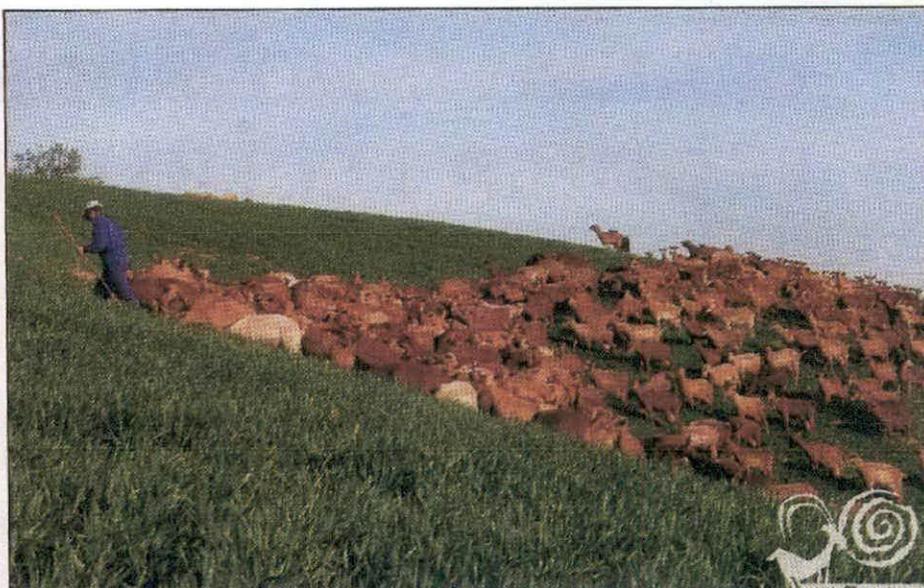
(vi) la presencia de rumiantes como actividad productiva en el campo favorece la captura de carbono por parte del suelo y la vegetación, compensando así los GEI emitidos.

En síntesis, la producción de carne y leche por parte de la ganadería pastoral presenta la gran ventaja de no competir en cuanto a la alimentación con los humanos y de generar alimentos de alto valor nutricional a partir de recursos naturales que no requieren petróleo para su producción. Pero todo ello tiene un precio, por el que se pretende "multar" absurdamente a estas ganaderías, la producción de metano por parte de los microorganismos del rumen. Una vez asumido esto, es importante buscar estrategias que minimicen la emisión de gases, en especial metano, y que favorezcan la captura de carbono, pudiéndose contemplar esto como un servicio ecosistémico que habría que pagar al ganadero, especialmente en un escenario de abandono de las tierras pastoriles, lo cual sin duda agravaría el problema del cambio climático. Como señalan Manzano y White (2019), si se pretende hacer frente al cambio climático las políticas formuladas no deberían promover un abandono de tierras pastorales. En su lugar deberían promoverse mejoras potenciales dentro de estos sistemas, como son la un aumento de la calidad de los forrajes aportados o la incorporación de aditivos a la dieta del ganado, con lo que, como se ha dicho, se mejoraría la eficiencia de la digestión, consiguiendo tanto una disminución de las emisiones como un incremento de la productividad de los animales.

Para finalizar, es importante señalar que el debate sobre la ganadería y el cambio climático no debe quedar restringido a la emisión de GEI. El pastoreo contribuye no solo a la obtención de productos de origen animal de alta calidad vinculados al territorio sino que también contribuye a la prevención de incendios forestales, a la mejora de la biodiversidad, a la conservación de los ecosistemas que pasta y a mantener una población rural activa. Son necesarios más estudios que aporten un mayor conocimiento sobre la multifuncionalidad de los sistemas de producción pastorales, entendidos como servicios a la sociedad, visibilizarlos, valorizarlos e incorporarlos a la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Gómez-Baggeth E. y de Groot R. 20017. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía.



- Ecosistemas* 16 (3):4-14.
- 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.
 - Hristov A. N., Ott T., Tricarico J., Rotz A., Waghorn G., Adesogan A., Dijkstra J., Montes F., Oh J., Kebreab E., Oosting S. J., Gerber P. J., Henderson B., Makkar H. P. S., Firkins J. L. (2013). Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91 (11): 5095-5113.
 - Manzano P, White S.R. (2019) Intensifying pastoralism may not reduce greenhouse gas emissions: wildlife-dominated landscape scenarios as a baseline in life cycle analysis. *Climate Research* 77 (2), 91-97. ISSN: 0936-577X (print), 1616-1572 (online). <https://doi.org/10.3354/cr01555>
 - Mena Y., Gutiérrez-Peña R., Pérez-Neira D., Damián M., Batalla I., del Hierro O. (2014). Impacto de la ganadería ecológica sobre el medio ambiente y su papel en el mantenimiento de la biodiversidad. En: *Caracterización, diagnóstico y mejora de los sistemas de producción ecológica de rumiantes en Andalucía*. Mena Y., Gutiérrez-Peña R., Aguirre I. Ed. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
 - Mena Y., Gutiérrez-Peña R., Ruiz F. A., Delgado-Pertíñez M. (2017). Can dairy goat farms in mountain areas reach a satisfactory level of profitability without intensification? A case study in Andalusia (Spain). *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(6): 614-634.
 - Mitloehner FM. (2018). Sí, comer carne afecta al clima, pero las vacas no están matando el planeta. https://elpais.com/elpais/2019/02/21/planeta_futuro/1550749038_126782.html
 - Petersen B.M., Knudsen M.T., Hermansen J.E., Halberg N. (2013). An approach to include soil carbon changes in life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, 52: 217-224.
 - Red ambiental de Asturias. Consulta realizada el 2 de abril de 2019. <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=b8da06e98057d210VgnVCM10000097030a0aRCRD>
 - Robertson K., Symes W., Garnham M. (2015). Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand. *Journal of dairy science*, 98: 4279-4293.
 - Sinden, G. (2009). The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14 (3), 195-203.
 - Tapia Martín R., Martín Vicente A., Fernández Alés R., Román Ortega F., Salvado Muñoz M., Espinosa Barro F. (2005) Manual sobre el Protocolo de Kioto ¿Cómo puede contribuir la sociedad civil a su cumplimiento? Fundación Tornes-EB, España.