

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO DE COLABORACION ENTRE LA CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE Y RURAL, POLITICAS AGRARIAS Y TERRITORIO DE LA JUNTA DE EXTREMADURA Y LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA PARA EL DESARROLLO DE ACCIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA DEHESA

La Huella de Carbono en la Dehesa.

Diciembre 2020

1. Introducción

1.1. El cambio climático

El cambio climático es considerado como el mayor desafío global de la humanidad de la época actual. Sus efectos y consecuencias tienen un impacto determinante en todos los ecosistemas del planeta. El cambio climático es definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. Se debe distinguir entre cambio climático atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática que es atribuida a causas naturales.

Desde la década de 1950 se han estudiado y analizado detalladamente todos los cambios observados en el sistema climático, así como los impactos generados tanto en continentes como en océanos. En los sistemas terrestres ha destacado la erraticidad de lluvias, aridificación del clima, deposición de compuestos nitrogenados atmosféricos y cambios en el uso del suelo. Del quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (AR5-IPCC, Fifth Assessment Report – Intergovernmental Panel on Climate Change, de sus siglas en inglés) del año 2014, se extrae como síntesis que estos cambios no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin precedentes en los últimos 800 000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento

observado a partir de la segunda mitad del siglo XX, confirmándose que la actividad humana es actualmente la causa principal del calentamiento global.

El clima futuro dependerá del calentamiento resultante de emisiones antropógenas en el pasado, así como de emisiones antropógenas futuras y la variabilidad climática natural (AR5-IPCC, 2014). Por ende, es fundamental el control sobre las emisiones de los GEI (gases de efecto invernadero) que se producen de manera antrópica, pero igualmente relevante es el conocimiento de sus ciclos y dinámicas en la naturaleza, para, de esta manera poder gestionar de manera eficiente y sostenible los diferentes ecosistemas a nivel global.

1.2. La importancia de la dehesa en la lucha contra el cambio climático

La dehesa ibérica no escapa de las consecuencias del cambio global. En este cambio global está incluido no sólo el cambio climático, sino también la eutrofización de los ecosistemas terrestres (y cambios en la ratio N:P) causada por las deposiciones atmosféricas de nutrientes, y cambios en la intensidad del uso del suelo.

La funcionalidad y características de los sistemas agroforestales, y en especial la dehesa, han sido recogidos en la Estrategia Europea del Cambio Climático ("EU Strategy on Adaptation to Climate Change", 2014), la Estrategia Forestal Europea ("European Forestry Strategy", 2014) y en el último informe de "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC, 2014), como mecanismo de adaptación y en la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Por tanto, la cuantificación del balance emisión-captura de carbono es uno de los principales retos si quiere incorporarse el secuestro de carbono como un objetivo más de la gestión forestal (Montero et al., 2005; COP21, 2015).

1.3. La Huella de Carbono

Desde la época preindustrial las emisiones de gases de efecto invernadero se han disparado. Los gases de efecto invernadero, GEIs, comprenden como se observa en la Figura 1, el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), perfluorocarbonos (PFCs), hidrofluorocarbonos (HFCs), hexafluoruro de azufre (SF_6) y trifluoruro de nitrógeno (NF_3).



Figura 1. Esquema de los gases de efecto invernadero, GEIs. (FAO,2017).

A una mayor cantidad de GEIs en la atmósfera, aumenta la captura de radiación en la misma, y aumenta la temperatura de la Tierra. Este fenómeno ha provocado un incremento del efecto invernadero, y su principal consecuencia es el cambio en la temperatura media global, conocido como Cambio Climático.

Es por esta razón que, mediante normas y diferentes programas, se insta a las instituciones, organizaciones y a la sociedad a gestionar adecuadamente sus emisiones de GEI, mediante la cuantificación y reducción de las mismas, surgiendo el concepto de huella de carbono.

La huella de carbono se define como la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos (GEIs) por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto.

De ahí que podamos distinguir dos acepciones del concepto:

- La huella de carbono de una organización, que mide la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.
- La huella de carbono de producto, específica para medir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).

1.4. Cómo medir la Huella de Carbono

La huella de carbono que genera cada fuente de emisión es el resultado del producto del dato de consumo (dato de actividad) por su correspondiente factor de emisión.

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato de la actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

El dato de la actividad hace referencia al parámetro que define el nivel de la actividad generadora de las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que el factor de emisión es la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cada unidad del parámetro *dato de actividad*.

El proceso básico a seguir para cuantificar la huella de carbono queda esquematizado en la Figura 2.

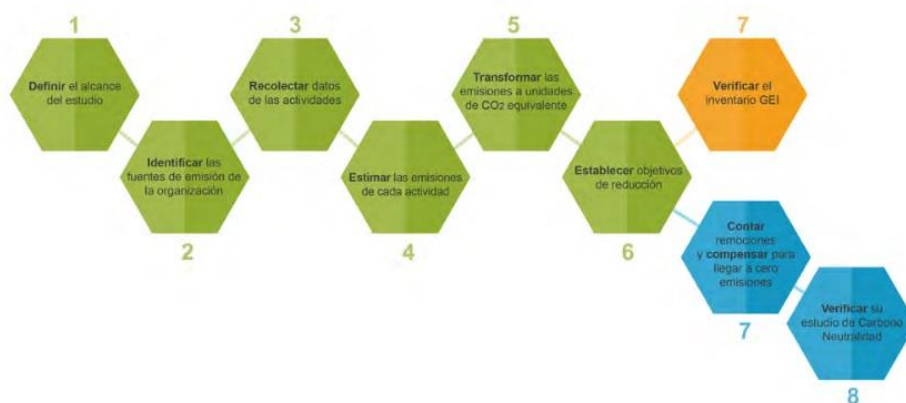


Figura 2. Metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono de un sistema. (FAO, 2017).

Con el fin de asegurar que todos los resultados que se reportan se acercan lo máximo posible a la realidad, se deben tener en cuenta todos los cálculos de las diferentes etapas, así como seguir cinco principios según marca la norma internacional ISO 14064 (Figura 3), y fijar el alcance del estudio.

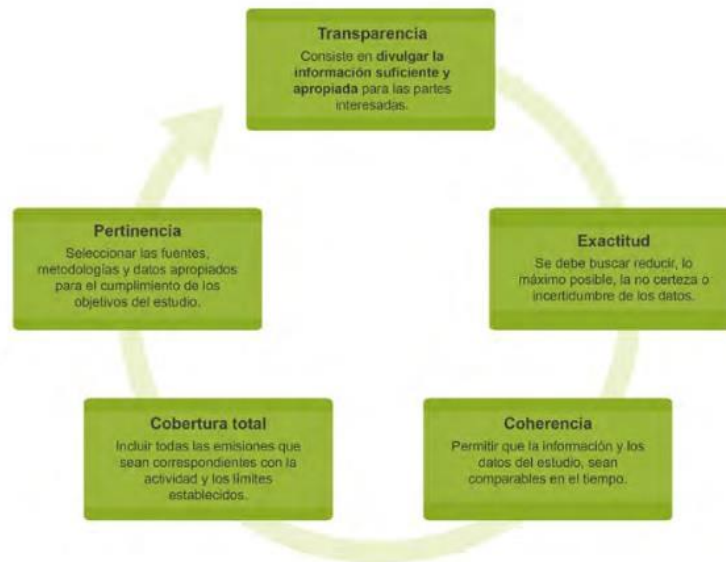


Figura 3. Principios para contabilizar y reportar las emisiones (FAO,2017).

1.5. La importancia de la Huella de Carbono

La cuantificación de las emisiones de GEI deriva de años de investigación, y se impulsa en 1997 con la aprobación del Protocolo de Kioto, durante la Tercera Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático. Existen diferentes metodologías para la estima de emisiones, entre las que destacan las Directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), las guías publicadas por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), las normas voluntarias como la PAS 2050 y 2060, y la familia de normas voluntarias ISO 14064, las cuales abarcan el desarrollo de inventarios nacionales, organizacionales, o de producto.

En el año 2015 los países de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se han comprometido en el cumplimiento de diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDGs) durante los próximos quince años. El implementar un sistema de gestión de emisiones y agua, contribuirá a alcanzar los objetivos de los ejes

SDG 6 “Agua limpia y saneamiento”, SDG 12 “Producción y consumo responsables” y el SDG 13 “Acción por el clima”. Por otra parte, en el año 2015 se firmó el Acuerdo de París en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, en el cual los países se comprometen, entre otros aspectos, a la reducción de sus emisiones de GEI.

Debido a las razones expuestas, se puede afirmar entonces, que la estimación de la huella de carbono es un método importante para que el sector de la dehesa contribuya en el cumplimiento de estos objetivos y metas asumidas tanto a nivel global como nacional.

En ecosistemas como la dehesa, sistema cuya estructura y persistencia están estrechamente ligadas a las actividades humanas agrosilvopastorales, la evaluación de la sostenibilidad ambiental, económica y social de sus productos, es una cuestión clave para la puesta en valor del propio ecosistema y, en consecuencia, para su conservación.

A través de herramientas como el Cálculo de la Huella de Carbono o el Estudio de Indicadores Ambientales a lo largo del Ciclo de Vida del Producto podremos evaluar la sostenibilidad de los productos más relevantes de este sistema, facilitar sistemas de certificación que mejoren la imagen y la comerciabilidad de dichos productos, generar estrategias de transferencia tecnológica para la mejora de la sostenibilidad de las producciones así como aportar información relevante para el establecimiento de un marco regulatorio específico de la dehesa adecuado.

2. La Huella de Carbono de la dehesa

2.1. Sostenibilidad ambiental e importancia económica y social

La dehesa ha sido, tradicionalmente, un sistema mixto agrícola, silvícola y pastoral. En la actualidad, estos sistemas se han ido especializando, dando más

relevancia a algunos de los diferentes aprovechamientos, variando según la zona.

Existe una gran interdependencia entre las sociedades rurales, el sector agrario y la conservación de las dehesas. Desde el punto de vista social, las explotaciones de dehesa suponen una importante fuente de empleo, lo cual, es importante, debido a la escasez de oportunidades laborales fuera del sector agrario en las zonas de influencia de la dehesa.

Los sistemas de producción animal son de gran importancia en las regiones adehesadas desde el punto de vista social, económico y ambiental. Las particularidades de la actividad agroganadera son decisivas para la conservación del patrimonio cultural, la identidad local, el paisaje y los hábitats de alto valor ecológico y estético. Sin embargo, diversos factores socioeconómicos han conllevado procesos de abandono e intensificación que hacen peligrar la conservación de las dehesas. Por ello, es necesario diseñar e implementar sistemas de producción-transformación-distribución sostenibles a nivel local-global en el contexto de las dehesas.

Por otro lado, el impacto medioambiental de los sistemas de producción ganadera y la demanda reciente de productos de origen animal, dificulta alcanzar un equilibrio entre rentabilidad, competitividad y sostenibilidad medioambiental. Como consecuencia, es necesario encontrar e implantar sistemas más sostenibles, capaces de producir de forma rentable productos de buena calidad y de bajo impacto medio ambiental.

2.2. Metodología

En los últimos veinte años, diferentes estudios buscan ahondar en el conocer tanto la capacidad de respuesta de la dehesa (resiliencia) al cambio climático y biogeoquímico, como la capacidad de ésta para asimilar CO₂ en el marco de numerosos proyectos de investigación europeos e internacionales.

La Universidad de Extremadura, ante la actual demanda social de compromiso medioambiental, lleva varios años investigando el comportamiento ecosistémico

de la dehesa como sistema de mitigación del cambio climático. Para cubrir este compromiso, INDEHESA participa en varios proyectos de ámbito regional, nacional e ibérico con el fin de diseñar estrategias y acciones concretas de adaptación a sus efectos. Los proyectos más recientes son:

- Evaluación de la productividad y secuestro de carbono en la dehesa extremeña por teledetección. Estimación de la huella de carbono de sus productos comerciales (Plan Regional de Investigación; IB16185).
- Proyecto de Cooperación Transfronteriza para la Valorización integral de la Dehesa y el Montado (POPTEC:0276_PRODEHESA_MONTADO_6_E)
- SOSTVAN: Estrategias tecnológicas para la mejora de la sostenibilidad del sector ganadero de vacas nodrizas (Proyecto Piloto AEI-Ministerio de Agricultura).

2.3. Cálculo de la Huella de Carbono en la Dehesa

El cálculo de la Huella de Carbono de los productos más significativos de la dehesa, así como el estudio de diversos indicadores ambientales a lo largo del Ciclo de Vida del Producto será de gran utilidad como base para el diseño de estas estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. Además la comparación de la Huella de Carbono de los productos de la dehesa frente a productos equivalentes producidos de manera industrial puede poner de relieve el beneficio del posible mayor esfuerzo económico para consumir dichos productos.

El Cálculo de la Huella de Carbono se refiere al cálculo de la totalidad de los gases de efecto invernadero, tales como CO₂, metano y óxidos de nitrógeno, emitidos por efecto directo o indirecto a lo largo del ciclo completo de producción-transformación-distribución de un producto. El fin del cálculo de la Huella de Carbono es determinar la contribución de un determinado producto al Cambio Climático y se expresa en toneladas de CO₂ equivalentes (Batalla et al., 2014). Para tener una visión completa de la Huella de Carbono, además de las emisiones, es necesario computar los equivalentes de CO₂ que son secuestrados por el ecosistema a través del sistema suelo-planta, entendiendo

que, aquellas formas de producción que están estrechamente ligadas a la conservación de un determinado ecosistema, pueden estar jugando un papel positivo en la mitigación del calentamiento global.

En la Tabla 1 se observa como los cultivos de regadío, la digestión entérica de los rumiantes (vacuno, ovino y caprino), y la gestión de purines en la industria del porcino son tres fuentes relevantes de metano.

Tabla 1. Emisiones de CO ₂ -eq del sector agrario expresado en Kt (POPTEC:0276,2017-2021)			
	1990	2005	2018
FERMENTACIÓN ENTÉRICA	15937	17000	17669
GESTION DE ESTIÉRCOLES	8593	8317	8701
CULTIVO DE ARROZ	371	440	433
SUELOS AGRÍCOLAS	10821	12300	12317
QUEMA DE RESIDUOS	820	30	25
ENMIENDAS CALIZAS	83	39	26
FERTILIZACIÓN MINERAL	417	466	473
TOTAL	37042	38592	39644

- **Fermentación entérica**

La fermentación entérica es una de las categorías clave y recoge las emisiones de metano (CH₄) generadas en los procesos de fermentación entérica que ocurren en el sistema digestivo de ciertas especies animales. Los microorganismos residentes en el tracto digestivo descomponen, mediante procesos de fermentación anaeróbica, los carbohidratos de los alimentos ingeridos, transformándolos en moléculas simples y solubles que pueden ser utilizadas por el animal. Uno de los subproductos de esta fermentación anaeróbica es el CH₄ que es expulsado por el extremo terminal del tracto digestivo. La cantidad de CH₄ producida y emitida por los animales depende básicamente de la estructura de su aparato digestivo y del tipo de dieta.

Las especies de rumiantes presentan las mayores tasas de emisión de CH₄ mientras que en las aves la liberación de este gas es casi despreciable. El porcino representa una posición intermedia entre aves y rumiantes, ya que la

densidad microbiana y la longitud de su tracto digestivo son limitadas. En España, el 90% de las emisiones de CH₄ por fermentación entérica se atribuyen al ganado vacuno y el ovino (MITECO, 2020).

- **Gestión de estiércoles**

La gestión de estiércoles ganaderos supone la emisión a la atmósfera de metano y de óxido nitroso (N₂O). Las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol tienden a ser menores que las producidas por la fermentación entérica. Las emisiones más significativas están asociadas a la gestión de estiércol de animales confinados, particularmente si el estiércol se maneja con sistemas basados en líquidos. Las emisiones de N₂O resultantes de la gestión del estiércol también varían significativamente entre los tipos de sistemas de gestión utilizados y, además, pueden provocar emisiones indirectas debidas a otras formas de pérdida de nitrógeno del sistema.

- **Secuestro de carbono en el agroecosistema**

El suelo representa uno de los grandes almacenes de C de los ecosistemas terrestres (~1800·10¹⁵ g C). Contiene más del doble de C que la atmósfera (~700·10¹⁵ g C) y unas tres veces la cantidad que almacenan los organismos vivos (~600·10¹⁵ g C). Por tanto, el estudio de los stocks de C en los suelos tiene un valor fundamental para el cálculo de emisiones de un ecosistema. Además, el carbono orgánico del suelo (COS) es el principal determinante de la calidad del suelo y tiene una gran influencia en el ciclo global del carbono y el cambio climático. Comprender cómo el manejo del agrosistema y las variables climáticas influyen en la capacidad de los suelos para secuestrar C y cómo estas respuestas son modificadas por las propiedades inherentes del suelo es crucial si queremos gestionar los suelos de forma más sostenible en el futuro.

La vegetación, a través de la fotosíntesis, capta el CO₂ atmosférico y lo transforma en C orgánico que, en forma de materia orgánica muerta, se va incorporando al suelo. De esta manera, la vegetación juega un papel esencial en la mitigación del Cambio Climático, tanto de forma directa a través de la captura de C en su propia biomasa (aérea y subterránea), como de forma indirecta por ser “proveedora” del C que luego se almacenará en los suelos.

Lo que comemos, cómo lo producimos y lo que desechamos tiene por tanto un gran impacto en el clima. En su conjunto la producción de alimentos supera el 20% de las emisiones mundiales de GEIs, superando el 25% si le sumamos la gestión de los alimentos.

Por todo lo anterior, tanto el estudio de las emisiones asociadas a los sistemas productivos más relevantes de la dehesa, como la evaluación del comportamiento de este ecosistema como sumidero y almacén de carbono, nos permitirán tener una visión de la sostenibilidad ambiental del mismo en términos climáticos. La comparación de la Huella de Carbono de los productos de la dehesa con sus equivalentes industriales además nos puede dar una medida de sostenibilidad comparada interesante para mejorar el valor y el marketing de los productos de la dehesa.

El estudio del Ciclo de Vida de un Producto (CVP) es una herramienta que completa la del cálculo de la Huella de Carbono pues, además del cálculo del balance de emisiones, incorpora otras externalidades del sistema de producción tales como el impacto en la calidad del agua y el aire, la biodiversidad, la calidad del paisaje, etc. Estas externalidades, que suelen ser negativas en los sistemas productivos industrializados, son con frecuencia positivas en sistemas como la dehesa derivado de la multitud de servicios medioambientales y sociales asociados.

Los últimos estudios realizados para el cálculo del CVP en la dehesa se han focalizado en los productos más significativos de la misma: jamón ibérico por parte del sector porcino, el cordero y la lana en el sector ovino, el queso de cabra del sector caprino, y la ternera por parte del sector vacuno.

Para el cálculo de la Huella de Carbono a lo largo del Ciclo de Vida de los distintos productos elegidos se ha estudiado el balance de gases de efecto invernadero atendiendo a cuatro bloques temáticos: a) balance de emisiones en los suelos de dehesa; b) balance de emisiones en la biomasa aérea (árboles y matorrales); c) balance de emisiones en la fase productiva, es decir, derivado del manejo ganadero o forestal y d) balance de emisiones en la fase de transformación-distribución.

2.3.1. Secuestro de Carbono en la Dehesa

- Balance de emisiones en los suelos de la dehesa

El carbono almacenado en el suelo en tierras de pastoreo se estima en 70 t/ha como media global, cifra similar a las cantidades almacenadas en suelos forestales (FAO, 2002). Los suelos de la dehesa ibérica se encuentran ligeramente por encima de esta media global para suelos de pastoreo, con un stock de C medio de 73 t/ha, mientras que la tasa de secuestro de carbono en los suelos de la dehesa es de un valor promedio de 0,87 t/ha/año.

Los principales factores que influyen en la evolución de la materia orgánica del suelo conciernen a la vegetación –cantidad de materia incorporada al suelo, composición de la vegetación-, los factores climáticos –condiciones de temperatura y régimen de humedad-, las propiedades del suelo – textura, profundidad, mineralogía de las arcillas-, y los sistemas de manejo del suelo – manejo ganadero, fertilización, laboreo, cultivos, etc (Post et al., 2000).

- Balance de emisiones de la biomasa aérea de la dehesa

El stock de C en la biomasa arbórea, tanto aérea como subterránea, fue de 7 t/ha en promedio, mientras que la tasa de secuestro de C en la biomasa arbórea alcanza un valor promedio de 0,06 t/ha/año.

Por tanto, en términos globales, se puede afirmar que la dehesa posee un stock de C asociado de unas 81 t/ha y de una tasa de secuestro de C de 0,93 t/ha/año. Si se expresa esta capacidad como sumidero de C en términos de CO₂ equivalentes para poder estimar posteriormente el balance de emisiones en la dehesa, entonces se obtiene una capacidad para retirar gases de efecto invernadero de la atmósfera de 3410 CO₂ equivalentes/ ha / año. Dichas cifras ponen de relieve el gran potencial en la captura de carbono que representan los sistemas agroforestales como la dehesa.

- Balance de emisiones de la dehesa a nivel de finca

La mayor parte de las emisiones producidas en una explotación de dehesa son las emitidas por el ganado, representando las demás fuentes de emisión,

asociadas a las infraestructuras y el uso de energía en las fincas, tan sólo un 20% de los GEIs, tal como muestra la Figura 4.

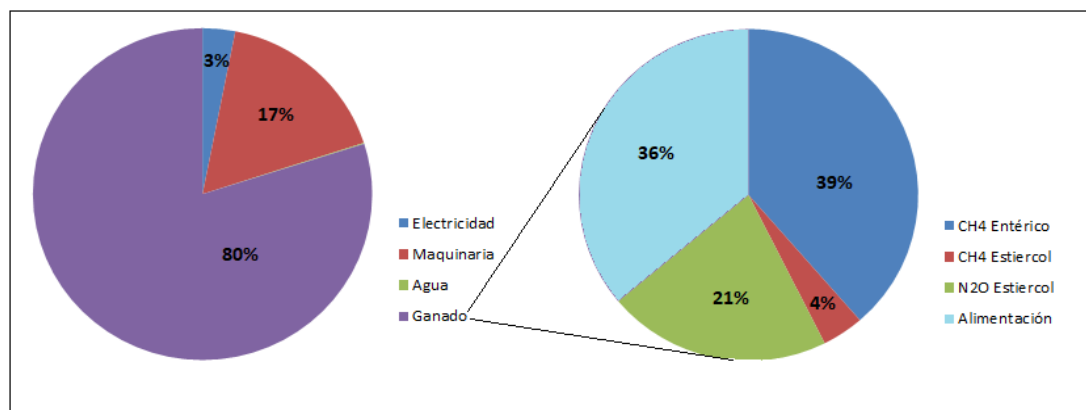


Figura 4. Resumen de emisiones de GEIs producidas en una dehesa (POCTEP, 2017-2021).

Como se observa, de las emisiones de GEI derivadas del ganado, la fermentación entérica representa la mayor fuente (39%) aunque seguida de cerca por el consumo de piensos para producción animal (36%). Cabe destacar que para la mayoría de las producciones agrarias las emisiones derivadas del consumo de agua son insignificantes, siendo muy variables las emisiones producidas por el uso de maquinaria y las producidas por la ganadería.

2.3.2. Huella de Carbono de los productos de la Dehesa

Para el cálculo de la huella de carbono de los principales productos de la dehesa, no sólo se precisa de la cuantificación de las emisiones y el balance de éstas del sistema de la dehesa en sí, sino también debe tenerse en cuenta las emisiones en la fase productiva (manejo ganadero) y el balance de emisiones en la fase de transformación-distribución (industria alimentaria). Este análisis completo es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia, *Análisis de Ciclo de Vida (ACV)*.

2.3.2.1. Huella de Carbono a nivel de Explotación

El balance de emisiones en las dehesas para los distintos productos se realiza a través de una asignación tanto de las emisiones como de la capacidad de secuestro de las fincas, en proporción al valor económico que representa cada uno de los productos animales respecto del total de ingresos económicos de la finca. Esta asignación económica permite expresar el balance de emisiones por hectárea de finca dedicada a cada tipo de ganadería.

De esta manera, se puede observar como casi la totalidad de enfoques productivos de la dehesa tienen un balance de emisiones negativo en su fase productiva (Tabla 2). El valor negativo indica que dicha producción tiene una mayor capacidad de secuestro de carbono que de emisión, indicando el gran potencial en la captura de carbono que representan y los grandes beneficios ambientales que generan.

Tabla 2. Resumen del balance de emisiones por producto (POPTC:0276,2017-2021)

	Emisiones	Secuestro	Balance
	Kg CO ₂ eq / ha / año		
Tenera	4858	4114	744
Cordero	830	1259	-429
Lana	22	3391	-3370
Cabrito	315	3043	-2727
Leche de cabra	2711	3402	-691
Cerdo	1733	3185	-1452

2.3.2.2. Balance de emisiones en la industria alimentaria

El alcance del análisis de ciclo de vida en esta fase tiene en cuenta las emisiones desde la salida del producto desde las fincas hasta la salida del producto de la industria en la unidad funcional correspondiente.

Para el análisis de ciclo de vida correspondiente al Kg de carne de ternera, cabrito, cordero y cerdo, se consideran las emisiones derivadas del matadero y de la sala de despiece. En el caso del jamón se imputan además de las

emisiones del matadero y la sala de despiece, las emisiones derivadas del secadero.

Para el sumatorio de emisiones de cada una de las fases del producto a largo del ciclo de vida se tiene en cuenta el rendimiento en cada una de las mismas, es decir, qué cantidad de producto entrante en cada fase industrial sale como producto elaborado.

Carne de ternera



Sabiendo que los rendimientos de la ternera en matadero son del 1,72 y en la sala de despiece de 0,17, se aplican sobre las emisiones producidas en estas fases y obtienen unos resultados globales como se muestran en la Tabla 3. El resultado final indica una emisión neta de 8.1 Kg CO₂ eq / Kg de carne, emisión neta muy inferior a los promedios nacionales, europeos y mundial estimado por Forero-Cantor et al (2020), Leip et al (2010) y Poore y Nemecek (2018), que alcanzan cifras de 18,2, 30 y 155 Kg CO₂ eq / Kg de carne, respectivamente.

Tabla 3. Huella de Carbono ACV para la **carne de ternera** (POPTec:0276,2017-2021)

FASES		
Balance emisiones en finca ganadera	Kg CO ₂ eq / Kg de peso vivo	2,81
Emisiones matadero	Kg CO ₂ eq / Kg de peso vivo	0,12
Emisiones en Sala de despiece	Kg CO ₂ eq / Kg de carcasa	0,17
Huella de C del producto	Kg CO₂ eq / Kg de carne	8,10

Carne de cordero



En el caso del cordero, el rendimiento en matadero es 1,59 y en sala de despiece es 1, o que unido a la proporción de hueso del 20% del peso de la

carcasa, el resultado de emisiones netas de este producto es de -43.4 Kg CO₂ eq / Kg de carne. El resultado final indica una emisión neta de 8.1 Kg CO₂ eq / Kg de carne, emisión neta muy inferior a los promedios nacionales, europeos y mundial estimado por Forero-Cantor et al (2020), Leip et al (2010) y Poore y Nemecek (2018), que alcanzan cifras de 23, 24 y 62 Kg CO₂ eq / Kg de carne, respectivamente.

Tabla 4. Huella de Carbono ACV para la carne de cordero (POPTEC:0276,2017-2021)		
FASES		
Balance emisiones en finca ganadera	Kg CO ₂ eq / Kg de peso vivo	-22,04
Emisiones matadero	Kg CO ₂ eq / Kg de peso vivo	0,12
Emisiones en Sala de despiece	Kg CO ₂ eq / Kg de carcasa	0,17
Huella de C del producto	Kg CO₂ eq / Kg de carne	-43,4

En el cálculo de las emisiones obtenidas en finca ganadera se han alcanzado valores de secuestro de carbono muy elevados (Kg -43,4 CO₂ eq/kg de carne), en disparidad con el resto de productos, especialmente con el vacuno, debido a las menores emisiones entéricas de la oveja, y también a la mayor extensividad de las explotaciones de ovino.

Carne de cabrito

El cabrito, al igual que la ternera y el cordero, posee las mismas fases para el cálculo de su huella de carbono (Tabla 5), siendo sus rendimientos en matadero y sala de despiece de 1,88 y 1 respectivamente, y la proporción de huesos algo mayor que en el cordero (25%). En este caso, el balance neto de nuevo es negativo, indicando un secuestro neto de carbono, aunque algo inferior que para el cordero (Tabla 5).



Tabla 5. Huella de Carbono ACV para la carne de cabrito (POPTec:0276,2017-2021)		
FASES		
Balance emisiones en finca ganadera	Kg CO2 eq / Kg de peso vivo	-22,04
Emisiones matadero	Kg CO2 eq / Kg de peso vivo	0,12
Emisiones en Sala de despiece	Kg CO2 eq / Kg de carcasa	0,17
Huella de C del producto	Kg CO2 eq / Kg de carne	-16,9

Carne de cerdo



El cerdo posee un rendimiento en matadero de 1,25 mientras que su rendimiento en sala de despiece es de 1,11 obteniendo unos resultados en el balance de emisiones total como muestra la Tabla 6. De nuevo un balance negativo (secuestro neto), contrario a los promedios promedios nacionales, europeos y mundial estimado por Forero-Cantor et al (2020), Leip et al (2010) y Poore y Nemecek (2018), que alcanzan cifras de 5, 8 y 23,5 Kg CO2 eq / Kg de carne, respectivamente.

Tabla 6. Huella de Carbono ACV para la carne de cerdo (POPTec:0276,2017-2021)		
FASES		
Balance emisiones en finca ganadera	Kg CO2 eq / Kg de peso vivo	-5,78
Emisiones matadero	Kg CO2 eq / Kg de peso vivo	0,12
Emisiones en Sala de despiece	Kg CO2 eq / Kg de carcasa	0,17
Huella de C del producto	Kg CO2 eq / Kg de carne	-9,60

Lana



La lana es el único producto no alimentario, por tanto, las fases para el cálculo de su huella de carbono son distintas a la del resto de productos calculados. En este caso, se emplean los rendimientos de la fase de Recogida y claseado (1,40), de Lavado-cardado-peinado (2,08) y Hilado-enmadejado (2,00).

Tabla 7. Huella de Carbono ACV para la **madeja de lana hilada** (POPTec:0276,2017-2021)

FASES	CO2 eq/ Kg de lana
Balance emisiones en finca ganadera	-6,77
Recogida y claseado (Fase I)	0,01
Lavado-cardado-peinado (Fase II)	0,22
Hilado-enmadejado (Fase III)	0,32
Huella de C del producto	-38,60

Jamón curado



Con unos rendimientos en matadero de 1,25, en sala de despiece de 1,11 y en el secadero de 1,55; los resultados de la huella de carbono para el jamón curado de cerdo los detalla la Tabla 8.

Tabla 8. Huella de Carbono ACV para el Kg **jamón curado de cerdo** (POPTec:0276,2017-2021)

FASES	Kg CO2 eq / Kg de jamón
Balance emisiones en finca ganadera	-5,78
Emisiones matadero	0,12
Emisiones en Sala de despiece	0,17
Emisiones en Secadero de jamones	1,12
Huella de C del producto	-10,84

Queso de cabra



En el caso del queso de cabra, el único rendimiento a tener en cuenta es de la transformación de leche/queso, el cual tiene un valor de 6,43, por lo que la huella de carbono en este caso adquiere un valor cercano a la neutralidad (Tabla 9), muy favorable comparado con los valores reportado para los quesos por Poore y Nemecek (2018), que alcanza la cifra de 27.5 Kg CO₂ eq / Kg de queso.

Tabla 9. Huella de Carbono ACV para el Kg **queso de cabra** (POPTec:0276,2017-2021)

FASES		CO ₂ eq/ Kg de queso
Balance emisiones en finca ganadera	Kg CO ₂ eq / L de leche	-0,14
Emisiones quesería	Kg CO ₂ eq / L de leche	0,78
Rendimiento leche/queso	L entran / L salen	6,43
Huella de C del producto	Kg CO₂ eq / Kg de queso	-0.11

3. Conclusiones sobre el Balance de Carbono en la Dehesa

Las conclusiones a la que nos llevan los cálculos de huella de carbono que hemos realizado para la dehesa y sus productos muestran, en promedio, balances netos favorables. Es decir, la dehesa retiene y secuestra más carbono que el que emite su ganadería y la elaboración de sus productos, y la dehesa podría estar contribuyendo más a la mitigación del cambio climático que a su intensificación. De hecho, la dehesa extremeña secuestra carbono en sus suelos a un ritmo de 11 por mil, muy por encima del objetivo del 4 por mil acordado en el COP21 de París, acuerdo del que España es firmante.

La ganadería que pastorea en la dehesa, y en otros pastos extensivos, también contribuye de forma fundamental a reducir el riesgo de grandes incendios, reduciendo así las elevadas emisiones de CO₂ que producen los incendios. Del

mismo modo, es importante resaltar las diferencias y beneficios que generan la ganadería en extensivo que se practica en las dehesas en contraposición con la ganadería intensiva.

Los efectos del cambio climático más notorios en la dehesa van a ser la reducción de recursos limitados: el agua y el suelo, cuyo alto consumo es atribuido a la ganadería en extensivo. Son numerosos los estudios que erróneamente asemejan consumo y utilización de suelo cuando se comparan los dos modelos de ganadería. Producir alimentos precisa normalmente de la sustitución de ecosistemas naturales por agrosistemas que en la mayoría de los casos son ecológicamente menos eficientes, emiten más GEIs, contaminan más y pierden biodiversidad. En estos casos se puede decir que la producción de alimento consume suelo y agua, dos recursos esenciales y limitados. Sin embargo, la ganadería extensiva se alimenta en ecosistemas clasificados en muchos casos como sistemas agrarios de alto valor natural, donde se mantiene altos niveles de biodiversidad y los procesos ecológicos y no los agroquímicos añadidos son los determinantes de la productividad. En estos casos, no podemos decir que la producción de alimento consume suelo, si no que utiliza suelo. Este es el caso de la dehesa.

Del mismo modo ocurre con el consumo del agua. Mientras que la ganadería y agricultura intensiva consume agua azul almacenada y transportada, el modelo de ganadería extensiva emplea agua azul no manejada que hace crecer de forma natural los pastos que consume la ganadería extensiva.

4. Acciones para la mitigación del cambio climático en la dehesa

Teniendo en cuenta que, en su mayoría, la dehesa es un sistema ganadero extensivo, su mayor vulnerabilidad frente al cambio climático reside en su alta dependencia del agua de lluvia, tanto para consumo directo del ganado como para la producción de pastos. La reducción de las precipitaciones y el aumento

de las temperaturas conllevará, por tanto, una reducción de la capacidad de producción de pastos, bellotas y otros recursos de la dehesa.

Un aprovechamiento eficiente de los recursos de la dehesa es el primer paso para mejorar su capacidad de adaptación frente al cambio climático. Esta mejora garantizaría su sostenibilidad y su resiliencia frente a eventos climáticos extremos. Además, si estas medidas también promueven la mitigación de los efectos del cambio climático, como por ejemplo el secuestro de carbono en el suelo, el beneficio de su adopción sería doble.

Las medidas de mitigación y adaptación seleccionadas para el uso eficiente de los recursos de la dehesa incluyen: la mejora del manejo de los pastos de la dehesa mediante la siembra de praderas de leguminosas y la práctica de pastoreo adaptativo, la plantación de bancos forrajeros de especies leñosas para suplir los periodos de escasez de pastos herbáceos, la incorporación de los restos de poda como fuente de la materia orgánica al suelo y la creación de líneas clave para potenciar el aprovechamiento del agua de lluvia.

1. Siembra de leguminosas



Objetivo: Cultivar biodiversidad

Descripción: La introducción de leguminosas es una herramienta de mejora de pastos que permite aumentar la calidad y producción de los pastos, disminuir la dependencia de insumos externos, reducir costes de producción y mejorar las propiedades del suelo.

Beneficios:

- Aumento de la materia orgánica del suelo.
- Mejora en la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo.

Información útil para el propietario:

- Las semillas inoculadas con *Rizobium* facilitan la implantación de la pradera.
- Antes de la siembra hay que fertilizar con fósforo.
- La siembra directa (o con mínimo laboreo) reduce el riesgo de erosión del laboreo tradicional, aunque debe elegirse bien el momento de siembra.
- La mezcla idónea de especies depende del tipo de suelo y condiciones locales.

2. Pastoreo adaptativo

Objetivo: Recuperación del pasto

Descripción: El pastoreo adaptativo supone aumentar la relación de cercas por rebaño o lote manejado y planificar el pastoreo de acuerdo a las condiciones previas de nuestra unidad de explotación y a la calidad de las distintas cercas según la época del año. Hay diversas metodologías de pastoreo adaptativo, la mayoría de ellas desarrolladas en el mundo anglosajón: *mob grazing*, *cell grazing*, *rotational grazing*, *multi-paddock grazing* y *manejo holístico*. La trashumancia y el pastoreo dirigido serían dos ejemplos ancestrales utilizados tanto en la Península Ibérica como en la dehesa.



Beneficios:

- Se maximiza la productividad del pasto.
- Aumento de la materia orgánica en el suelo.
- Mejora la capacidad de retención de agua.
- Ayuda a conservar la biodiversidad.

Información para el propietario:

- Definir el contexto de la unidad de explotación.

- Planificación del pastoreo estimando tiempo de recuperación de nuestros pastos según época del año y calidad de las diferentes cercas.
- Monitorizar resultados y gestionar iterativamente.
- Es conveniente compaginar el plan de pastoreo con una planificación financiera anual y un buen diseño de la finca a largo plazo cuando comiencen a evidenciarse los resultados ganaderos, ambientales y económicos del modelo.

3. Bancos forrajeros leñosos



Objetivo: Autosuficiencia en época de escasez

Descripción: Cultivo de bancos forrajeros de especies leñosas, fuente alternativa de proteína que suplen la escasez de pastos durante los periodos secos. Las especies más empleadas en otras partes del mundo son las moreras (*Morus spp*) o el tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*), caracterizados por tener un alto contenido de proteínas (15-28%) y una alta digestibilidad (>80%) con producciones en torno a 0.2-1.4 Mg de materia seca de hojas por hectárea.

Beneficios:

- Mejoran la capacidad de autosuficiencia de la explotación.
- Proveen de un alimento de alta calidad, rico en proteínas y de elevada digestibilidad al ganado en época seca.
- Mejora en el suelo y evita la erosión.
- Favorece la biodiversidad.

Información para el propietario:

- Tienen una alta producción y, en general, bajo contenido en taninos.
- Su sistema radicular profundo les permite soportar los periodos de sequía.
- Son multipropósito, producen, entre otros, leña, alimento para abejas o semillas.

- Reducen los riesgos de erosión cuando se implementan en laderas.

4. Gestión de restos de poda

Objetivo: Mejorar el suelo

Descripción: Transformación de los restos de poda en biocarbones mediante pirólisis.

Beneficios:

- Se favorece el secuestro de carbono a largo plazo.
- Los bicarbones se emplean como enmienda para los suelos, mejorando su capacidad de retención de agua y nutrientes.

Información para el propietario:

- La pirólisis convierte biomasa en combustibles útiles a temperaturas moderadas.
- El biocarbón puede secuestrar carbono durante siglos.
- El biocarbón mejora la retención de nutrientes y aguas de los suelos.
- Se han descrito más de 50 usos del biocarbón.



5. Líneas clave

Objetivo: Mejorar el almacenamiento del agua edáfica

Descripción: Técnica de mejora de la captación de agua de lluvia y reducción de la compactación de los suelos. La técnica, en su forma más básica, consiste en un laboreo especial usando un subsolador adaptado con unas puntas finas



que permite capturar el agua de zonas de acumulación (vaguadas) y moverla a zonas más secas (cerros) siguiendo el contorno del relieve.

Beneficios:

- Infiltración y distribución del agua y la reducción de la compactación.
- Estas líneas sirven como zonas de acumulación de suelo favoreciendo la colonización de plantas y a largo plazo la acumulación de materia orgánica.

Información para el propietario:

- La técnica de línea clave es un laboreo especial considerando el relieve.
- Mejora la infiltración y reduce la compactación.
- Evita la acumulación de agua al redistribuirla en el paisaje
- Existen aperos comerciales, pero se pueden adaptar otros tradicionales.

5. Referencias bibliográficas

1. AR5-IPCC, Fifth Assessment Report. 2014. *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
2. Batalla, I., Gutiérrez-Peña, R., del Hierro, O., Pérez-Neira, D., y Mena, Y. 2014. *Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería bovina y ovina ecológicas en dehesas de Andalucía*. XI Congreso de SEAE: Agricultura ecológica familiar. Álava.
3. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT. 2018. *Evaluation of the EU Strategy on adaptation to climate change Accompanying the document REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL on the implementation of the EU Strategy on adaptation to climate change*.SWD/2018/461 final.
4. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT EVALUATION. 2015. *A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector*.
5. FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. *Guía Metodológica para la Huella de Carbono y la Huella de Agua en la Producción Bananera*. Proyecto ACCIÓN Clima II. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma y San José.
6. FAO. 2002. *Captura de Carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Paris, Francia.
7. Forero-Cantor, G., Ribal, J., & Sanjuán, N. (2020). *Levying carbon footprint taxes on animal-sourced foods. A case study in Spain*. Journal of Cleaner Production, 243, 118668.
8. IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2014. Climate change.
9. Leip, A., Weiss, F., Wassenaar, T., Perez, I., Fellmann, T., Loudjani, P., ... & Biala, K. 2010. *Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU*

greenhouse gas emissions (GGELS). final report. European Commission, Joint Research Centre. https://agritrop.cirad.fr/558780/1/document_558780.pdf

10. MITECO. 2020. *Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero 1990-2018.* España.

11. Montero, G., Ruíz-Peinado, R., Muñoz, M. 2005. *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*, in: INIA (Ed.), 13. INIA.

12. Plan Regional de Investigación, IB16185. 2017-2019. *Evaluación de la productividad y secuestro de carbono en la dehesa extremeña por teledetección. Estimación de la huella de carbono de sus productos comerciales.*

13. Poore, J., Nemecek, T. 2018. *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers.* Science 360, 987-992.

14. Post, W.H., Know, K.C. 2000. *Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential.* Global change Biology 6: 327-327.

15. Proyecto de Cooperación Transfronteriza para la Valorización Integral de la Dehesa- Montado. 2017-2021. *POPTEC:0276_PRODEHESA_MONTADO_6_E.*

16. Proyecto Piloto AEI-Ministerio de Agricultura. 2014-2020. *SOSTVAN: Estrategias tecnológicas para la mejora de la sostenibilidad del sector ganadero de vacas nodrizas.*