



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

ICADE

**INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD PARA
EL SECUESTRO DE CARBONO EN EL
SECTOR AGRÍCOLA**

Autor: Marta María Lozoya Beato

Director: Ana Zapatero González

I. RESUMEN

El cambio climático es una realidad y uno de los problemas más significativos en el mundo, debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados principalmente por fuentes de origen antropogénico, como el sector agrícola. Por ello, este Trabajo de Fin de Grado (TFG) analiza los daños producidos por este fenómeno enfocándose en la agricultura y ganadería.

Partiendo de esta idea, se examina la mejor solución para intentar neutralizar la emisión a través de la captura y el almacenamiento de CO₂ en la superficie a largo plazo, lo que es denominado el secuestro de carbono. Se valoran los diferentes tipos y su importancia en el sector, así como los sumideros de carbono tanto los ya reconocidos como los nuevos a incluir. Además, se establece la necesidad de los créditos de carbono comercializados en el mercado obligatorio y en el voluntario, fundamentales para que, con determinados proyectos correctamente validados, empresas que deban reducir su impacto negativo en el planeta puedan compensar sus emisiones. Todo ello respaldado por la legislación que regulará la corrección de las acciones realizadas.

Asimismo, se estudian diversas prácticas sostenibles en las actividades agrarias y ganaderas. Finalmente se analizan dos casos reales en España que incorporan alguna de estas prácticas innovadoras en la gestión de su propio negocio con objeto de reducir su huella de carbono de forma responsable.

Palabras clave: cambio climático, emisiones de gases de efecto invernadero, agricultura, ganadería, secuestro de carbono, créditos de carbono, sostenibilidad, innovación.

II. ABSTRACT

Climate change is a reality and one of the most significant issues in the world today, due to the increase in greenhouse gas (GHG) emissions primarily generated by anthropogenic sources, such as the agricultural sector. Therefore, this Final Degree Project analyses the damage caused by this phenomenon, focusing on agriculture and livestock.

Starting from this idea, the best solution to try to neutralize emissions through the long-term capture and storage of CO₂ at the surface, known as carbon sequestration, is examined. The various types are evaluated and its importance in the sector, as well as carbon sinks, those already recognized and new ones to be included. In addition, the need for carbon credits traded on both the mandatory and voluntary markets is established, essential for allowing companies that must reduce their negative impact on the planet to offset their emissions with properly validated projects. All this is supported by legislation that will regulate the correction of the actions taken.

Likewise, various sustainable practices in agricultural and livestock activities are studied. Finally, two real cases in Spain that incorporate some of these innovative practices in the management of their own business are analysed, with the aim of responsibly reducing their carbon footprint.

Key words: climate change, greenhouse gas emissions, agriculture, livestock, carbon sequestration, carbon credits, sustainability, innovation.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Contexto y justificación del tema elegido	9
1.2. Objetivos del estudio	11
1.3. Metodología de la investigación	12
1.4. Estructura del trabajo	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Emisiones y secuestro de carbono	13
2.1.1. <i>Impactos del cambio climático y de las emisiones de GEI</i>	13
2.1.2. <i>Agricultura, ganadería y su efecto sobre las emisiones de carbono</i>	15
2.1.3. <i>Secuestro de carbono, sus tipos y su importancia actual</i>	19
2.1.4. <i>Sumideros de carbono y legislación relativa a su almacenamiento</i>	22
2.1.5. <i>Créditos de carbono y sus mercados</i>	25
2.2. Prácticas de secuestro de carbono sostenibles	28
2.2.1. <i>Agricultura de conservación y regenerativa</i>	28
2.2.2. <i>Uso de abonos orgánicos</i>	29
2.2.3. <i>Rotación de cultivos</i>	32
2.2.4. <i>Agroforestería</i>	34
2.2.5. <i>Ganadería regenerativa</i>	35
2.2.6. <i>Rotación de pastos</i>	36
3. ANÁLISIS DE DOS CASOS CONCRETOS EN ESPAÑA	38
3.1. Estudio de los beneficios de la agricultura regenerativa en España: Caso Nestlé	38
3.1.1. <i>Análisis del caso</i>	38
3.1.2. <i>Análisis DAFO</i>	41
3.1.3. <i>Conclusiones del estudio</i>	42
3.2. La ganadería extensiva y su efecto positivo: Caso ovino y caprino en España	43
3.2.1. <i>Análisis del caso</i>	43
3.2.2. <i>Análisis DAFO</i>	50
3.2.3. <i>Conclusiones del estudio</i>	51
4. SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA	52
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
6. DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE IAG	57
7. BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales cifras de las emisiones de GEI.....	16
Tabla 2: Emisiones de CO ₂ -eq en el sector agrario (cifras en kt, kilotoneladas).....	17
Tabla 3: Comparación de las características de preparación y uso del compost y bocashi	31
Tabla 4: Resultados económicos de Nestlé España en 2021 y 2022 (cifras en mill. de €)	40
Tabla 5: Producción ganadera en España en 2020 y 2022	44
Tabla 6: Consumo de carne ovino y caprino en 2021 y 2022 (cifras en tm, tonelada métrica).....	45
Tabla 7: Datos económicos sobre el comercio exterior de ovino y caprino en 2021 y 2022 (cifras en mill. de €).....	46
Tabla 8: Emisiones anuales de CO ₂ en la ganadería (cifras en Gt).....	48

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Evolución de las emisiones de CO ₂ -eq del sector agrario (cifras en kt).....	18
Gráfica 2: Diferencia de resultados económicos de Nestlé España entre 2021 y 2022 (cifras en mill. de €).....	40
Gráfica 3: Diferencia de la producción ganadera en España entre 2020 y 2022.....	44
Gráfica 4: Diferencia del consumo de carne ovino y caprino entre 2021 y 2022 (cifras en tm).....	45
Gráfica 5: Evolución del consumo de carne de ovino y caprino en los hogares españoles (cifras en tm).....	46
Gráfica 6: Diferencia de los datos económicos sobre el comercio exterior de ovino y caprino en 2021 y 2022 (cifras en mill. de €).....	47
Gráfica 7: Emisiones anuales de CO ₂ en la ganadería (cifras en Gt).....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de abonos orgánicos	30
Figura 2: Representación de una rotación regular y cíclica durante 4 años	33
Figura 3: Análisis DAFO de Nestlé España y agricultura regenerativa	41
Figura 4: Análisis DAFO de ganadería extensiva ovina y caprina en España	50

LISTA DE ABREVIATURAS

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.

ANAFRIC: Asociación Empresarial Cárnica.

BCN: Bancos de Conservación de la Naturaleza.

C: Carbono.

CCS: Carbon Capture and Storage (Captura y Almacenamiento de Carbono)

CDM: Carbon Development Mechanism (Mecanismo de Desarrollo del Carbono)

CER: Certified Emission Reduction (Reducción de Emisiones Certificada)

CFCR: Certification Framework for Carbon Removals (Marco de Certificación para la Eliminación de Carbono)

CH₄: Metano.

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

CO₂: Dióxido de Carbono.

CO₂-eq: Dióxido de Carbono equivalente.

DAFO: Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.

DOP: Denominación de Origen Protegida.

EU-ETS: European Union Emission Trading System (Plan de Comercio de Emisiones de la Unión Europea)

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

GS: Golden Standard.

GT: Gigatoneladas (Gt)

GtCO₂-eq: Gigatoneladas de Dióxido de Carbono Equivalente.

IPCC: Intergovernmental Panel for Climate Change (Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático)

KT: Kilotoneladas (kt)

LULUCF o UTCUTS: Land Use, Land-Use Change and Forestry (Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura)

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio.

MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

MO: Materia Orgánica.

MOC: Mercado Obligatorio de Carbono.

MOS: Materia Orgánica del Suelo.

MVC: Mercado Voluntario de Carbono.

N₂O: Óxido Nitroso.

NO₂: Dióxido de Nitrógeno.

RD: Real Decreto.

REDD+: Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación.

TM: Tonelada Métrica (tm)

UE: Unión Europea.

VCS: Verified Carbon Standard (Estándar de Verificación de Carbono)

VER: Verified Emission Reduction (Reducción de Emisiones Verificada)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

OECC: Oficina de Cambio Climático.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PAC: Política Agraria Común.

PFA: Producción Final Agraria.

PFG: Producción Final Ganadera.

PH: Potencial de Hidrógeno (pH)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto y justificación del tema elegido

Las emisiones de carbono (C) y de otros gases de efecto invernadero (GEI) representan una gran amenaza para el medio ambiente, por contribuir significativamente al calentamiento global (Shakoor *et al.*, 2020). Estos gases se caracterizan por retener el calor en la atmósfera y ocasionar un incremento de la temperatura promedio terrestre, que ha aumentado 0,7°C desde el siglo pasado (Watts, 2007).

Este fenómeno conlleva diversos impactos negativos. Algunos de ellos son el deshielo de los casquetes polares (ocasionando la amplificación del Ártico¹), la acidificación de los océanos y el aumento del nivel de los mares varios metros, así como otros eventos climáticos extremos relacionados con los cambios de las temperaturas, provocando inviernos severos y veranos más largos y calurosos. (Brierley & Kingsford, 2009; Cohen *et al.*, 2014; Hansen *et al.*, 2016; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2015)

En cuanto al sector agropecuario, las actividades llevadas a cabo por el ser humano provocan impactos dañinos sobre el medio ambiente, como son la degradación y contaminación del suelo y de las aguas, la disminución de los puntos de agua, además de la liberación de gases, por ejemplo, dióxido de carbono (CO₂) o dióxido de nitrógeno (NO₂). Estos impactos generan tanto graves consecuencias ambientales como diferentes problemas económicos y sociales (Estrada *et al.*, 2003). Anualmente las emisiones de los principales GEI (CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)) del sector agrícola están aumentando un 1%; además, la deforestación es responsable del 12 al 17% de estas emisiones (Shakoor *et al.*, 2020).

¹ Este fenómeno hace referencia a que la temperatura de la región del Ártico se ha duplicado en comparación con la temperatura promedio global (Cohen *et al.*, 2014).

Adicionalmente, las emisiones de carbono están rigurosamente vinculadas a la contaminación de la calidad del aire y del agua, algo que puede perjudicar tanto la salud humana como los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como afectar negativamente a las especies que habitan en ellos (Brierley & Kingsford, 2009; Kampa & Castanas, 2008). Por lo tanto, es crucial apoyar la reducción de las emisiones de carbono para disminuir estos impactos, con la finalidad de que se pueda preservar tanto la salud del planeta como la de sus propios habitantes.

Debido a todo esto, el secuestro de carbono surge como propuesta para lograr reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera a través de prácticas agronómicas sostenibles. Esto representa una estrategia fundamental para contrarrestar estas emisiones, por su potencial para capturar y almacenar carbono tanto en el suelo como en la biomasa vegetal. Así se mejora la estructura del suelo mediante el carbono orgánico, aumentando la retención de agua y nutrientes. De esta forma, se consigue mejorar la salud de la superficie obteniendo un incremento de la producción de cultivos, siendo un beneficio para los agricultores y garantizando la seguridad alimentaria de los productos cultivados que se venden. (Nair *et al.*, 2009; Pattnaik *et al.*, 2020; Selin, 2024)

También hay que tener en cuenta la ganadería extensiva², que aprovecha los recursos naturales locales, utiliza razas autóctonas que están acostumbradas al clima y a la orografía del medio natural en el que se encuentren. Aporta diversos servicios ecosistémicos³ manejando apropiadamente el pastoreo, ya que reduce el riesgo y la extensión de incendios al llevar el control de la vegetación. Además, logra mantener la biodiversidad y los principales sumideros de carbono, y cumple con la fertilización natural de los suelos evitando los abonos sintéticos, mejorando las funciones ecológicas en los sistemas de cultivo. Con todo esto, aporta alimentos de alta calidad a la sociedad y contribuye al desarrollo económico de los países. (Carvalho *et al.*, 2010; Càtedra d'Agroecologia UVic-UCC, 2019; Teague & Kreuter, 2020)

² La ganadería extensiva utiliza los recursos propios del terreno mediante el pastoreo tradicional, mientras que la intensiva recurre a piensos y otras materias primas relacionadas con la deforestación. Ejemplo: un rebaño de vacas que pastan en un prado y se movilizan a otros en función de la época del año, funcionaría como explotación extensiva, mientras que reses de vacuno estabuladas para la producción de leche mediante técnicas de ordeño mecánico sería explotación intensiva. (BBVA, 2024)

³ Los servicios ecosistémicos son contribuciones de los sistemas naturales a un mayor bienestar y calidad de vida, siendo algunos ejemplos aportar alimentos, purificar el agua o controlar las inundaciones (Universidad Complutense Madrid, s.f.).

En definitiva, el secuestro de carbono en la agricultura y ganadería es beneficioso para ayudar a mitigar el cambio climático, enriquecer la calidad del suelo y así poder aumentar la productividad agrícola y optimizar la biodiversidad de los ecosistemas (Nair *et al.*, 2009). De esta manera se podrían mejorar los sistemas agropecuarios, haciéndolos más sustentables y amigables con el entorno (Estrada *et al.*, 2003).

1.2. Objetivos del estudio

El objetivo principal de este TFG es analizar la situación en la que se encuentra el secuestro de carbono en el sector agrícola al mejorar la gestión de emisiones de GEI a la atmósfera. Para ello se exploran innovaciones que favorezcan este secuestro analizando prácticas agropecuarias novedosas, como la agricultura de conservación, el manejo holístico, la rotación de cultivos y pastos, los abonos orgánicos y la agroforestería, que contribuyan a la sostenibilidad.

El trabajo tiene una serie de objetivos secundarios, determinantes para la realización correcta del mismo. Pretende evaluar el estado actual del calentamiento global y sus consecuencias, enfocándose en el sector a estudiar; busca determinar la compensación necesaria para limitar las emisiones y los mercados donde se realiza; trata de examinar la legislación vigente del secuestro a nivel europeo y nacional para controlar los sumideros ecológicos; indaga sobre casos que están incorporando prácticas exitosas en España, considerando tanto sus fortalezas y oportunidades, como las debilidades y amenazas que están afrontando.

Estos objetivos facilitan un enfoque integral para abordar el tema del secuestro de carbono en agricultura y ganadería, proporcionando una base sólida para el desarrollo de todas las partes que involucra el proyecto de investigación.

1.3. Metodología de la investigación

Para la elaboración del presente trabajo, se empezará con un análisis bibliográfico extenso, tanto cualitativo como cuantitativo, a través de diversas fuentes con las que se podrá comprender el valor del secuestro de carbono en el sector agropecuario, así como explicar detalladamente todos los objetivos de este estudio.

Se realizará una amplia búsqueda para la revisión de la literatura, obteniendo la información mediante documentos académicos, datos recopilados en centros de documentación o internet, además de apoyarse en fuentes secundarias de investigaciones ya realizadas por una variedad de instituciones, incluidas las del ámbito científico, político y social. Asimismo, se va a realizar una entrevista con una profesional conocedora de la materia dentro del sector agrícola, para obtener una perspectiva diversa y valiosa sobre la implementación del secuestro de carbono en España actualmente.

Siguiendo esta metodología, se conseguirá una visión más completa y detallada del tema a estudiar, enriqueciendo tanto la calidad como la profundidad del trabajo de exploración para poder redactar una conclusión clara y precisa a partir de todos los datos que se han obtenido.

1.4. Estructura del trabajo

Este TFG se ha estructurado de forma coherente en tres partes principales, para poder analizar cada aspecto con gran precisión. La primera de ellas, el marco teórico, se divide en dos secciones. En la primera, se trata el tema de las emisiones y el secuestro de carbono, exponiendo los impactos que producen tanto el cambio climático como las emisiones de GEI al medio ambiente, siguiendo con la contribución de la agricultura y la ganadería en la emisión de estos gases.

Después de esto, se introduce el concepto de secuestro de carbono (indagando sobre los tipos existentes y su potencial en el sector agrícola) con los sumideros y la legislación que existe sobre este secuestro, terminando con la investigación sobre los créditos de carbono y sus respectivos mercados, el obligatorio y el voluntario. En la

segunda sección, se examinan las prácticas sostenibles de secuestro de carbono, tanto para la agricultura (con la agricultura regenerativa y de conservación, el uso de abonos orgánicos y la rotación de cultivos) como para la ganadería (con la ganadería extensiva, agroforestería y rotación de pastos).

Tras la parte teórica, se estudian dos casos españoles que hayan integrado con éxito alguna de las prácticas evaluadas con anterioridad: agricultura regenerativa y ganadería extensiva centrada en ovino y caprino en España. Se llevará a cabo un análisis de su desarrollo y de ciertos datos económicos, para finalmente realizar un análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) de cada uno, con sus respectivas conclusiones.

El tercer y último apartado pretende exponer la situación que hay en España en la actualidad, especialmente en el mercado de créditos español para compensar el secuestro de carbono. Esto se ha llevado a cabo gracias a la colaboración con una investigadora especialista en este tema, quien pudo facilitar información sobre aspectos relevantes a nivel nacional.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Emisiones y secuestro de carbono

2.1.1. *Impactos del cambio climático y de las emisiones de GEI*

El cambio climático es una alteración significativa y duradera en el clima de la Tierra, atribuido tanto a actividades humanas como a causas naturales, siendo el mayor desafío global de la humanidad en la actualidad (Instituto de Investigación de la Dehesa, 2020). Este cambio en el clima terrestre está adquiriendo rasgos específicos en distintas partes del planeta (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2015).

Observando el territorio español, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) calcula que el verano se ha alargado casi unas cinco semanas desde los años 70 del siglo pasado, con un aumento de las olas de calor, volviéndose más habituales, largas e intensas. El caudal promedio de los ríos ha disminuido en las últimas décadas, a veces en más del 20%. Además, el clima semiárido se expandió, añadiendo más de 30.000 km cuadrados de nuevas zonas semiáridas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2015). Todos estos cambios se originan por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera que retienen el calor, como pueden ser el CO₂ y el CH₄ (National Geographic, 2010).

Ya este fenómeno fue propuesto por Guy Stewart Callendar, pionero en la teoría del cambio climático por efecto del CO₂, en el año 1938 (Gates, 1965). Callendar demostró que se estaba calentando la superficie terrestre y propuso que la quema de combustibles fósiles y la consiguiente producción de CO₂ son las principales causas del cambio climático actual. Sus estimaciones sobre la temperatura global de la Tierra concuerdan con análisis que se han elaborado recientemente (Hawkins & Jones, 2013). Valores que han sido publicados por el *Intergovernmental Panel for Climate Change* o IPCC (1996) estiman que se produzca un incremento de 1,5°C desde el año 2000 hasta el 2060.

Los gases de efecto invernadero y la alta actividad solar contribuyen al incremento de las temperaturas al alterar los patrones de precipitación y al aumentar la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, como las sequías e inundaciones, afectando a la existencia del contenido del agua para el riego y otros fines agrícolas (Ali & Talukder, 2008; Lal, 2021; Wu *et al.*, 2020). Estas emisiones son generadas principalmente por la actividad del ser humano, como puede ser la deforestación y la quema de combustibles fósiles, así como la agricultura intensiva⁴ y la ganadería extensiva. Por todo ello, el cambio climático y las emisiones de GEI afectan en gran medida sobre el sector a estudiar, el agrícola, produciendo numerosos impactos significativos en el mismo.

⁴ La agricultura intensiva potencia la producción en áreas de cultivo pequeñas utilizando fertilizantes y pesticidas químicos. Un ejemplo sería la producción de hortalizas en invernaderos. Por otra parte, la agricultura extensiva se lleva a cabo en grandes extensiones de cultivo utilizando técnicas tradicionales, manuales en su mayoría, evitando el uso de fertilizantes químicos sustituidos por los orgánicos, por ejemplo, el estiércol. Un ejemplo sería la producción de trigo. (Castro, 2023)

En primer lugar, la falta de agua y las elevadas temperaturas ocasionan una disminución del rendimiento de los cultivos, así como una reducción del forraje⁵ para la alimentación del ganado. El aumento de la incidencia de plagas en lo cultivado y de enfermedades en los animales, además de las inundaciones o sequías que ocasionan el aumento de la erosión del suelo y la pérdida de nutrientes de la tierra, también pueden influir en la producción y calidad agrícola. (Ali & Talukder, 2008; Liu *et al.*, 2019; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.b)

Por todo ello, la salud del suelo y de los ecosistemas se está viendo afectada por la creciente concentración de GEI, conllevando un indudable efecto negativo sobre la producción de alimentos, al perjudicar su calidad y disponibilidad, además de influir negativamente en el mantenimiento de la biodiversidad (Altieri, 2015; Benbi, 2012). Esto provoca que la seguridad alimentaria a nivel mundial se vea afectada por los cambios que surgen en la productividad agrícola, especialmente en aquellas regiones que sean más vulnerables y dependientes de la agricultura y la ganadería (Lal, 2021; Malhi *et al.*, 2021).

2.1.2. Agricultura, ganadería y su efecto sobre las emisiones de carbono

El sector agrícola contribuye al cambio climático al ser fuente significativa de emisiones de GEI, con una aproximada participación del 24% de la emisión antropogénica⁶ total (Lenka *et al.*, 2015). La agricultura convencional⁷ (Gil & González, 2008), los fertilizantes químicos utilizados, el estiércol gestionado (Iqbal *et al.*, 2020) y la fermentación entérica⁸ del ganado (Teague *et al.*, 2016) son las principales fuentes de emisiones de GEI. Además, la conversión de bosques o pastizales en tierras para el cultivo o pastoreo reduce la capacidad de sumidero de la biosfera en la Tierra, lo que se traducirá en un incremento de CO₂ atmosférico, proveniente del carbono liberado por el consumo de combustibles fósiles y el cambio que se produce del suelo (Gitz & Ciais, 2004). Con todo ello se reduce la capacidad de secuestro de carbono en estos ecosistemas.

⁵ En España la especie forrajera más importante a nivel superficial, económico y productivo es la alfalfa (Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, s.f.a).

⁶ Emisiones provocadas por la actividad del ser humano.

⁷ Debido a la quema de rastrojos y al laboreo intensivo del suelo, en la agricultura convencional se libera CO₂ adicional a la atmósfera y disminuye la capacidad de almacenamiento de carbono del suelo (Gil & González, 2008).

⁸ La fermentación entérica es el proceso digestivo en rumiantes como vacas, cabras y ovejas que produce metano. Esto supone el 11,6% de las emisiones antropogénicas de GEI en total. (Teague *et al.*, 2016)

En el caso de España, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) facilita un informe con el inventario nacional de las emisiones de GEI, proyectando las emisiones generadas en España en 2021 y cómo ha evolucionado desde el año 1990 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023). Para estudiarlo, se van a analizar los datos de las emisiones a través de unas tablas (Tabla 1 y Tabla 2) y posteriormente su evolución mediante un gráfico (Gráfica 1).

Tabla 1: Principales cifras de las emisiones de GEI

EMISIONES DE GEI – PRINCIPALES CIFRAS	
Emisiones brutas estimadas	288,8 millones toneladas CO ₂ -eq, 2021
Emisiones netas estimadas	244,3 millones toneladas CO ₂ -eq, 2021
Emisiones de sectores difusos	67,5% emisiones totales, 2021; +7,3% respecto 2020
Emisiones procedentes del sector agrario	11,9% emisiones totales, 2021; -0,9% respecto 2020
• Actividades ganaderas	79,6% de las emisiones en el sector agrario, 2021; +0,4% respecto 2020 Descenso del 6% (2005-2021)
• Actividades de agricultura	“Suelos agrícolas” 18% de las emisiones en el sector agrario, 2021; -3% respecto 2020 Aumento 7,2% (2005-2021)
Emisiones netas de GEI por tipo de gas	CO ₂ : 76% (0,2% del sector agrario) CH ₄ : 17% (63% del sector agrario) N ₂ O: 5% (66% del sector agrario) Gases fluorados: 2% del total
Absorciones sector LULUCF	44,5 millones de toneladas de CO ₂ -eq, 15,4% emisiones brutas totales nacionales

Fuente: Elaboración propia basada en el Informe Anual de Indicadores de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2022a)

Con esta tabla se examinan con detalle las emisiones de GEI originadas en España en 2021, analizando aquellas producidas por el sector agrario. De las emisiones totales, el 11,9% pertenece a este sector (lo que supone un porcentaje mucho menor con respecto al total de sectores difusos, 67,5%) descendiendo un 0,9% con respecto a 2020. Dentro de la ganadería, su emisión ha aumentado un 0,4% desde 2020, quedando en 79,6% en 2021. Sin embargo, se ha producido una disminución de las emisiones de un 6% entre 2005 y 2021. Por otra parte, el 18% de las emisiones proceden de la agricultura, habiéndose reducido un 3% respecto al año 2020. A pesar de esto, sus emisiones aumentaron en un 7,2% en el intervalo de 2005 a 2021.

Relativo a las emisiones netas de GEI, cada gas aporta un porcentaje en el sector agrícola. De mayor a menor emisiones generadas, el N₂O supone un 66%, el CH₄ un 33% y el CO₂ un 0,2%. Otro dato para destacar es la absorción asociada al sector LULUCF⁹, siendo de 44,5 millones de toneladas de CO₂ equivalente (CO₂-eq), suponiendo más del 10% (15,4%) de las emisiones brutas totales de España.

Tabla 2: Emisiones de CO₂-eq en el sector agrario (cifras en kt, kilotoneladas)

SECTOR AGRARIO	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Var. (%) 2021/2020	Var. (%) 2021/1990
Fermentación entérica	15787	18514	17460	16606	16972	17075	17222	0.9%	9.1%
Gestión de estiércol	9622	10548	8847	9325	9813	10188	10144	-0.4%	5.4%
Cultivo de arroz	416	544	557	493	469	463	463	0.0%	11.3%
Suelos agrícolas	5727	5711	5721	6155	6057	6286	6120	-2.6%	6.9%
Quema de residuos	873	44	14	32	28	26	26	0.0%	-97.0%
Enmienda caliza	83	98	54	39	32	30	31	3.3%	-62.7%
Fertilización con Urea	438	350	473	511	455	545	316	-42.0%	-27.9%
Otros fertilizantes que contienen C	77	88	82	75	72	62	47	-24.2%	-39.0%
TOTAL	33023	35897	33208	33236	33898	34675	34369	-0.9%	4.1%

Fuente: Elaboración propia basada en el Informe de Inventarios de GEI 1990-2021 (Edición 2023) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023)

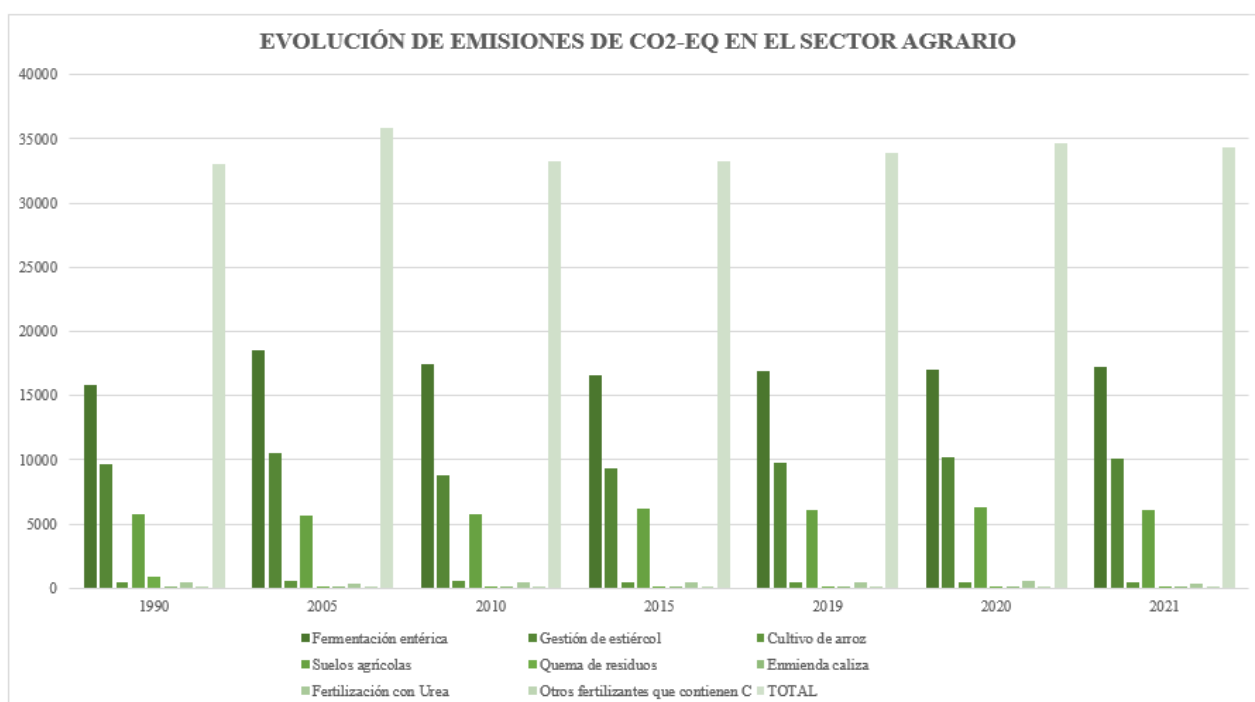
El análisis de los resultados de los 8 tipos de actividades estudiadas que generan emisiones dentro del sector agrario en España determina que las cuatro primeras expuestas han provocado una mayor emisión de CO₂-eq entre el primer año, 1990, y el último, 2021. Estos no suponen aumentos extremadamente altos (no más de 11,3% en el caso del cultivo del arroz), aunque la fermentación entérica¹⁰ ha sido el mayor contaminante llegando a 17.222 kilotoneladas (kt) en 2021. Sin embargo, la variación entre 2021 y 2020 no arroja prácticamente aumentos en emisiones estando las variaciones muy próximas a 0, incluso inferiores, lo que es indicador de que al menos las emisiones de CO₂-eq se están controlando satisfactoriamente.

⁹ Estas siglas en inglés, que significan *Land Use, Land-Use Change and Forestry*, se traducen al español en UTCUTS para hacer referencia al sector del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Cuando haya un mayor número de absorciones que emisiones, se hablaría de sumideros de carbono. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021)

¹⁰ En un estudio sobre el ganado lechero y de carne en el País Vasco, se analizó que las emisiones de CH₄ que provienen de la fermentación entérica representaron el 87% de las emisiones totales de metano en la producción de rumiantes (Merino *et al.*, 2011).

Como dato a resaltar, la quema de residuos presenta una reducción próxima al 100% (97%), seguida del descenso de los fertilizantes químicos como la enmienda caliza¹¹ (62,7%) y otros que contienen C (39%) y urea¹² (27,9%). La mejora de estos resultados ha sido decisiva en el último año estudiado, seguramente con la sustitución de fertilizantes químicos inorgánicos por otros orgánicos más respetuosos con el medio ambiente, ya sea de origen animal o vegetal como el estiércol o el compost (García-Serrano *et al.*, 2010).

Gráfica 1: Evolución de las emisiones de CO₂-eq del sector agrario (cifras en kt)



Fuente: Elaboración propia basada en el Informe de Inventarios de GEI 1990-2021 (Edición 2023) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023)

Este estudio de las emisiones de CO₂-eq y la gráfica obtenida de la tabla de los datos de las emisiones, muestran que lo emitido por el sector agrícola español supone un 11,9% de las emisiones totales en el año 2021 y representa una cantidad de 34.369 kt de CO₂-eq. Por ello, las emisiones son 0,9% menores en comparación al año 2020, aunque son mayores con respecto al año 1990, aumentando un 4,1%. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023).

¹¹ Se entiende por enmienda caliza un producto fertilizante que sirve para corregir la acidez del suelo (Virosta, 2020).

¹² La urea es considerada uno de los fertilizantes más económicos en el mercado y con una mayor concentración en nitrógeno, del 46% (Crespo, 2019).

2.1.3. Secuestro de carbono, sus tipos y su importancia actual

El secuestro de carbono se puede dividir en tres tipos, en función de cómo y dónde se absorba el CO₂. El proceso que implica la absorción de CO₂ por parte de ecosistemas naturales se llama biosecuestro, ya sea de manera natural o con intervención humana para potenciar su efectividad. Dentro de este proceso destaca el secuestro natural y el *carbon farming* o cultivo del carbono. En el primero, los ecosistemas como turberas¹³, bosques y humedales son esenciales para absorber CO₂. Las turberas naturales, extendiéndose más de 3 millones de kilómetros cuadrados, llegan a capturar 0,37 gigatoneladas (Gt) de CO₂ al año y almacenan más de 600 Gt de carbono, superando a otros tipos de vegetación. Los bosques pueden secuestrar hasta una cantidad de 11 toneladas de CO₂ por hectárea anualmente, especialmente los tropicales en comparación con los de climas fríos, almacenando unas 400 Gt de carbono. (Climate Trade, 2023a)

También hay que resaltar el *carbon farming*, estrategia que busca la producción sostenible de alimentos, por lo que engloba prácticas agropecuarias que ayuden a aumentar el secuestro de carbono, incluyendo la siembra sin labranza, rotación de cultivos y cultivos de cobertura. Estas técnicas, que buscan mejorar la salud del suelo, marcan un cambio respecto a la agricultura convencional que degrada la tierra. La agricultura regenerativa y la agrosilvicultura¹⁴ se estiman vitales en la respuesta al cambio climático, llevando a los gobiernos a impulsar políticas de apoyo para cultivar carbono. (Sharma *et al.*, 2021; Climate Trade, 2023a)

Aparte de estos procesos naturales, se pueden capturar las emisiones de CO₂ de origen industrial y almacenarlas de forma manual en diferentes lugares. Este método se denomina *carbon capture and storage* (CCS). Se destacan dos secuestros, el geológico y el de algas. En primer lugar, el secuestro geológico utiliza cavidades subterráneas para almacenar CO₂ comprimido a un fluido supercrítico, permitiendo su transporte e inyección a 1 km de profundidad para su estabilización durante milenios. Este método podría capturar hasta el 90% de las emisiones de C de fuentes industriales. En segundo lugar, el secuestro de algas hace uso de estas plantas acuáticas al ser capaces de secuestrar

¹³ Una turbera se trata de un área de tierra donde sucede la acumulación superficial por capas de material orgánico, apareciendo en un estado de descomposición que se conoce como turba (FAO, 2024).

¹⁴ Unión de árboles, cultivos y ganadería en un mismo sistema productivo (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2007).

173 millones de toneladas de CO₂ anualmente. Además, son exploradas tanto en su crecimiento natural en océanos como en cultivos para dispositivos de CCS, destacando innovaciones como el *BioUrban*¹⁵. (Climate Trade, 2023a)

Por último, se ha desarrollado una técnica de secuestro de carbono mediante un procedimiento químico conocido como carbonatación mineral. Este método implica la reacción del CO₂ con materiales que poseen óxidos de metales como el calcio y el magnesio para crear carbonatos sólidos, facilitando el secuestro en materiales industriales, como el cemento. Diversas empresas emergentes están ahora fabricando cemento y hormigón especialmente para cimentación, enriqueciéndolos con el CO₂ capturado. Este enfoque es prometedor para reducir las emisiones de carbono en el sector de la construcción. (Climate Trade, 2023a)

Con todos estos tipos de secuestro se logra un equilibrio climático, una mejora en la calidad de la superficie, un aumento de lo producido en el sector agrícola y un impulso de la biodiversidad (González *et al.*, 2016). Por lo tanto, el secuestro de carbono es considerado una herramienta esencial para mitigar los efectos del cambio climático y promover la sostenibilidad ambiental en la ganadería y la agricultura.

La situación del secuestro de carbono en la agricultura es cambiante según las prácticas agrícolas sostenibles empleadas y las condiciones específicas de cada región. Estas prácticas agronómicas, como la agricultura de conservación (Gil & González, 2008) y la regenerativa, además de los abonos orgánicos (Soto & Meléndez, 2004) y la rotación de cultivos (Pattnaik *et al.*, 2020), tienen una gran capacidad para poder incrementar el secuestro de carbono en la superficie. No obstante, adoptar estas prácticas puede ser un reto al necesitar que se realicen cambios en los sistemas de producción agrícola y en las tecnologías disponibles, además de requerir el apoyo de las instituciones y gobiernos.

Según las estimaciones, cada año se deforestan entre 15 y 17 millones de hectáreas mundialmente, sobre todo en las zonas tropicales (FAO, 1993), dando lugar a una significativa emisión de CO₂. Por tanto, en las zonas donde no se puede detener la deforestación, es de vital importancia manejar el CO₂ adecuadamente para disminuir las

¹⁵ *BioUrban*, también conocido como el “árbol del futuro”, es una tecnología pionera que facilita la reducción de la huella de carbono y la mitigación del calentamiento global (Climate Trade, 2020).

pérdidas de carbono. Una forma importante para secuestrar carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo, sería la reforestación en suelos que estén degradados con un bajo número de materia orgánica (MO). (Huerga *et al.*, 2008)

En el caso de España, se estima que tiene un potencial considerable sobre al secuestro de carbono en suelos agrícolas y forestales, particularmente en la región de Castilla y León. El modelo RothC ha sido empleado para la simulación del acumulamiento orgánico en los suelos forestales de pinares *Pinus halepensis*. Los resultados obtenidos hacen ver que las existencias de carbono experimentan un gran crecimiento en los suelos de los bosques convirtiéndose en un sumidero de carbono significativo. (Huerga *et al.*, 2008)

Destacando el estudio realizado por Huerga *et al.* (2008), el secuestro de carbono en España es fundamental para el cumplimiento de los objetivos desarrollados por el Protocolo de Kyoto¹⁶, reconociendo la importancia de los sumideros de carbono. Para ello, el gobierno español ha puesto en marcha programas y políticas para reforestar y gestionar sosteniblemente los bosques, además de contar con prácticas agrícolas sostenibles que consigan maximizar el secuestro de carbono en el suelo reduciendo las emisiones de GEI.

En cuanto a la ganadería, la situación del secuestro de carbono es distinta en función del sistema de producción que se utilice. El potencial de los sistemas de ganadería extensiva y agroforestería, como los encontrados en las dehesas, es mayor gracias a los árboles y pastos presentes que almacenan carbono. Sin embargo, el potencial del secuestro de carbono de la ganadería intensiva es menor, basado en la alimentación con pienso y la cría en establos, debido a su limitación para capturar carbono en la biomasa vegetal y en el suelo por la ausencia de prácticas que provoquen una vegetación diversa y un suelo saludable (Reyes-Palomo *et al.*, 2022). Para esto, los ganaderos tienen que llevar a cabo prácticas más sustentables destacando la ganadería regenerativa (Solorio,

¹⁶ El Protocolo de Kyoto, aprobado en 1997, es un acuerdo internacional vinculante que pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), donde los países industrializados comprometidos tienen la obligación de reducir las emisiones de GEI y combatir el cambio climático según las metas acordadas (UNFCCC, 2020a).

2022), la agroforestería (Muñoz, 1995) y la rotación de pastos (Anzola & Giraldo, 2015), entre otras.

2.1.4. *Sumideros de carbono y legislación relativa a su almacenamiento*

El Protocolo de Kioto ha establecido políticas que promueven tanto la protección de sumideros de carbono como el fomento de prácticas agrícolas y forestales sostenibles. Este acuerdo internacional también ha reconocido la biomasa y los suelos como sumideros de carbono, permitiendo que los países signatarios compensen parte de sus emisiones mediante la captura de carbono de actividades del sector agrario. No obstante, la eficacia de estos sumideros de carbono, especialmente en lo que respecta al uso y cambio de uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS), es tema de debate debido a las incertidumbres asociadas. (Camps & Pinto, 2004)

La Unión Europea (UE) ha establecido un objetivo relativo a la absorción neta de GEI en el sector UTCUTS, para obtener 310 millones de toneladas de CO₂-eq en el año 2030, aumentando en un 15% los sumideros de carbono. (European Parliament, 2023)

Un acuerdo político ha sido alcanzado por el Consejo y el Parlamento Europeo el 19 de febrero de 2024, acerca del Reglamento para el primer marco de certificación voluntaria de los sumideros de carbono en la UE, el nombrado *Certification Framework for Carbon Removals* (CFCR). El objetivo principal de este Reglamento es proporcionar el secuestro de carbono y la disminución de las emisiones desde el suelo, además de alcanzar la propuesta de la UE sobre la neutralidad climática en 2050, todo ello a través de certificaciones que estén reconocidas por parte de la Comisión y sean de alta calidad. Con esto acordado, se pretende valorizar las absorciones de carbono como créditos que se podrán comercializar con prácticas¹⁷ agrícolas que ayuden a generar certificados y que aporten algún beneficio para la biodiversidad. (Arias, 2023; Sagarna, 2024)

¹⁷ Las actividades que realicen secuestro de carbono deben tener una duración mínima de cinco años para poder ser certificadas y cumplir varios criterios para adquirir la certificación, resumido en el concepto denominado *QUALITY*, englobando cuantificación, adicionalidad, almacenamiento a largo plazo y sostenibilidad (Sagarna, 2024).

Además, en esta negociación se han querido reconocer y valorar las actividades ecológicas realizadas por agricultores y silvicultores para recortar las emisiones de GEI de los suelos agrícolas mediante la absorción y captura del carbono en la superficie. Esto supone un paso muy importante dentro del sector agropecuario. En España ya se han puesto en práctica desde hace tiempo este tipo de políticas protectoras del medio ambiente. El uso de rotaciones de cultivos, desechar fertilizantes químicos, reducir el laboreo y la maquinaria en los suelos son, entre otras, prácticas conservadoras del entorno natural. (Arias, 2023; Sagarna, 2024)

Sin embargo, el acuerdo a nivel europeo no registra todavía, muy a pesar de las comunidades y cooperativas agrarias españolas, la relevancia que las prácticas de gestión ganadera pueden representar, debido a que la información relativa es insuficiente en cuanto a la reducción de algunas emisiones de gases como, por ejemplo, las de CH₄ propias del ganado. Por ello, habrá que esperar hasta la segunda fase del marco regulador de certificación prevista en 2026 para que se incluya el reconocimiento de la captura de carbono generada por las actividades del sector ganadero. (Arias, 2023; Sagarna, 2024)

El propio gobierno español a través del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y como aplicación de la nueva PAC ha resuelto analizar la cantidad de carbono en los suelos de 16.000 parcelas distribuidas por todo el territorio, para determinar su grado de idoneidad en el secuestro de carbono y si las nuevas metodologías en agricultura y ganadería han facilitado una mejora en su absorción. La primera fase terminará en marzo de 2024. Asimismo, se fijarán los pilares para la metodología de certificación de los créditos de carbono. (Efeagro, 2023)

La legislación que ordena y regula tanto las emisiones de gases como el secuestro de carbono es muy extensa. Partiendo de las normativas más recientes a partir de la década de los 2000, entre otras acciones para reducir los efectos de toxicidad y el calentamiento global del planeta, es fundamental el establecimiento de la directiva 2009/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la UE de 23 de abril de 2009 relativa al almacenamiento geológico de CO₂. Esta normativa modifica directivas anteriores de los años 1985, 2000 y 2001, además de aquellas de los años 2004, 2006 y 2008, así como del reglamento 1013/2006. (Unión Europea. Directiva (UE), 2009)

En España, la Ley 40/2010, integra al ordenamiento español las disposiciones correspondientes de la Directiva 2009/31/CE, adaptándolas a la situación concreta industrial y geológica de España. De esta manera se crea la base jurídica para el almacenamiento geológico seguro del CO₂ como apoyo a la lucha contra el calentamiento global. Con respecto a la captura y al transporte, por ejemplo, a través de tuberías, aquellas instalaciones que lo realicen quedarán sujetas a normativa sobre valoración del impacto ambiental ocasionado. (Consejo de Redacción, 2011)

El Real Decreto (RD) 163/2014 es importante por su trascendencia en la información sobre el registro de huella de C, compensación y proyectos relativos a la absorción de CO₂ (España, 2014). Para contrapesar la totalidad o parcialidad de la huella de carbono, es decir el total de GEI emitidos de forma directa o indirecta por la actividad desarrollada, se incluyen una serie de proyectos forestales dentro del territorio nacional para conseguir la absorción o secuestro de carbono (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2014). La inscripción de huellas conlleva seguir la reducción de sus emisiones. Además, en cuanto a la compensación, es preciso que los proyectos estén inscritos en el registro y deben cumplir una serie de requerimientos, como tratarse de repoblaciones forestales dentro del territorio nacional y establecerse en zonas en las que no existía bosque desde el 31 de diciembre de 1989, o proyectos de reforestación en áreas incendiadas para poder restablecer la zona forestal anterior (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2024).

Otras normativas, como el RD 1051/2022, instaura regulaciones para conseguir una nutrición sostenible en los suelos agrarios. Este RD persigue entre otros objetivos la lucha contra el cambio climático, el decrecimiento de emisión de GEI y el incremento de la capacidad de los suelos agrarios como sumideros de carbono, siendo esenciales para el cuidado y mantenimiento de nuestro planeta y del sector agropecuario. (España, 2022)

2.1.5. Créditos de carbono y sus mercados

El objetivo prioritario de todas las empresas es conseguir la “descarbonización”. Por ello, es necesario que cuantifiquen con precisión el impacto de sus emisiones de GEI a través de su huella de carbono como primer paso hacia la neutralidad de carbono¹⁸, para que las compañías puedan establecer medidas de reducción adecuadas como puede ser limitar el uso de combustibles fósiles en su cadena de producción (Abbasi & Abbasi, 2011; Klaaßen & Stoll, 2021). Sin embargo, las empresas deben seguir funcionando para no frenar su desarrollo económico, por lo que esta reducción no será total y necesitarán realizar además una compensación del impacto de sus emisiones, siendo una herramienta de compensación la compra de créditos de carbono (Galatowitsch, 2009).

Este proceso de compensación de carbono consiste en la financiación de proyectos que buscan reducir o incluso eliminar los gases emitidos para poder compensar aquellas emisiones propias, y con ello adquirir una huella de carbono *Net Zero*. Cada tonelada de CO₂ absorbida en la atmósfera equivale a un crédito o bono de carbono, que es comercializado en el mercado para que las empresas dedicadas a invertir en estos recursos puedan contrarrestar su efecto contaminante. (Climate Trade, 2022; Climate Trade, 2023b)

Hay varios actores en este proceso. El “productor” del crédito de carbono puede ser un proyecto forestal o agrícola, pero también mejoras del suelo, siendo algunos ejemplos los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL¹⁹) y programas REDD+²⁰, mediante asociaciones con las comunidades locales, en muchos casos indígenas (Newton *et al.*, 2015; Pandey *et al.*, 2016). Además, se puede invertir también en soluciones basadas en la tecnología, como energías renovables y eficiencia energética (Climate Trade, 2022).

¹⁸ La neutralidad de carbono consiste en lograr una emisión 0 de CO₂ a la atmósfera. Por ello, esto no es un plan que se pueda conseguir a corto plazo.

¹⁹ Bajo el Protocolo de Kyoto, el MDL permite a los países, que se han comprometido a reducir o limitar sus emisiones, implementar proyectos reductores de emisiones en los países en vías de desarrollo. Proporciona los CERs, instrumento estandarizado para compensar las emisiones en el MOC. (UNFCCC, 2020b)

²⁰ Las siglas de estos programas se convierten en Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) (Pandey *et al.*, 2016). Su objetivo es la gestión sostenible de los bosques (Newton *et al.*, 2015).

Todos los proyectos tienen que ser certificados por un tercer auditor reconocido, que verifique su autenticidad y viabilidad, como *Carbon Development Mechanism* (CDM), *Gold Standard*²¹ (GS) o Verra²², así como herramientas de calificación de *BeZero Carbon*²³, *Sylvera* y *Calyx Global* que valoran de forma objetiva los créditos para evitar la compra de compensaciones sin calidad o que sean posibles operaciones fraudulentas (Climate Trade, 2022). De esta manera se asegura la veracidad de la reducción de emisiones impidiendo el *greenwashing*²⁴ (Delma & Burbano, 2011).

Los créditos certificados se comercializan en el mercado de carbono. Las compañías que los compran compensarán así sus emisiones hasta llegar en un plazo determinado a conseguir la neutralidad (Climate Trade, 2022). Los mercados de carbono son una forma de incentivar las buenas prácticas, haciendo que las empresas contaminantes financien ciertos tipos de proyectos para compensar sus propias acciones con impacto medioambiental negativo (Lobos *et al.*, 2005). Se consideran dos tipos de mercados de carbono: el mercado obligatorio (MOC) y el voluntario (MVC).

En primer lugar, el mercado regulado u obligatorio es el que utilizan tanto empresas como gobiernos por mandato legal para compensar su excedente de emisiones. Estos agentes se dedican a comprar créditos de carbono en el MOC al tener la obligación de reducir su emisión de GEI. Los países que participan en estos mercados han tenido que aceptar y adoptar una serie de límites de emisiones que ha establecido la CMNUCC. (Climate Trade, 2021)

²¹ El *Gold Standard* es un programa de certificación voluntaria destinado a proyectos de reducción de CO₂ cuyo objetivo es contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (ONU) y garantizar que estos proyectos proporcionen un beneficio ambiental, social y económico a las comunidades cercanas (Carbon Offset Guide, 2020).

²² Verra ha desarrollado el programa de acreditación de GEI *Verified Carbon Standard* (VCS), considerado el más aplicado del mundo. Este programa solo busca disminuir la emisión de los GEI, a diferencia del GS que pretende aportar beneficios adicionales a las comunidades. (VERRA, 2024)

²³ *BeZero Carbon* ofrece tanto certificaciones como etiquetas para productos y servicios que tienen como objetivo la reducción de emisiones de carbono. Se asocia con *Bank of Climate*, plataforma que invierte en soluciones naturales como la reforestación mediante los créditos de carbono. (Servimedia, 2023)

²⁴ *Greenwashing* o “lavado verde” hace referencia a prácticas engañosas que realizan algunas empresas presentando como ecológicos productos que no lo son o que tienen compromisos medioambientales que en realidad no realizan. Esto puede tener importantes efectos negativos en la confianza tanto de consumidores como inversores sobre estos productos considerados verdes. (Delma & Burbano, 2011)

El MOC está regularizado por diferentes proyectos a nivel internacional, regional y subnacional, como el MDL²⁵. Las emisiones de CO₂ se compensan mediante bonos de carbono o certificaciones para la reducción de emisiones (CERs), generados durante la ejecución del proyecto y acreditados posteriormente. Para comercializar CERs, los proyectos deben validar y registrar sus reducciones de emisiones asegurando su autenticidad y eficacia. (Climate Trade, 2021)

Este mercado posibilita que el gobierno, quien regula el precio de los créditos de carbono, conceda a las empresas la emisión de gases hasta un límite por la normativa según el Protocolo de Kyoto para reducir los daños medioambientales. En Europa está compuesto en torno a 10.000 empresas, las mayores de la UE y responsables del 40% del total de las emisiones. Están obligadas a reducir sus emisiones para llegar a la neutralidad en el 2050. Un ejemplo de empresa que opera en el mercado regulado es BBVA, que compensó mediante 7 proyectos un total de 120.562 toneladas de CO₂ en 2020. (BBVA, 2022)

Por otra parte, el mercado voluntario o internacional opera por separado, pero en paralelo al MOC, permitiendo tanto a empresas privadas como a particulares obtener voluntariamente compensaciones de carbono por su deseo de responsabilizarse sobre sus acciones medioambientales (Climate Trade, 2021). Los proyectos del MVC, que pueden localizarse tanto dentro como fuera del país, además de contribuir a mitigar el cambio climático, mejoran las condiciones de vida de aquellas poblaciones locales para que tengan un desarrollo limpio (Ecodes, 2021).

Sin embargo, el rasgo más diferenciador con respecto al MOC, es que se adquieren créditos para una reducción de emisiones verificada (VERs) en vez de CERs (Climate Trade, 2021). Aparte de esto, a diferencia de las grandes empresas que operan en el regulado, no tienen obligación ni ante sus gobiernos ni por los acuerdos de Kyoto o París²⁶ (BBVA, 2022). No se las penaliza si no se alcanzan los objetivos de reducción como en los mercados regulados. El riesgo al que se enfrenta este mercado es la gestión de los

²⁵ El MDL está regulado por el Protocolo de Kyoto, el Plan de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU-ETS) y el Mercado de Carbono de California (Climate Trade, 2021).

²⁶ El Acuerdo de París es un tratado internacional jurídicamente vinculante que entró en vigor en 2016 sobre el cambio climático, donde todos los países se unieron con el objetivo de limitar el calentamiento global por debajo de 2°C (UNFCCC, 2020c).

contratos a nivel internacional, puesto que hay que tener en cuenta los incumplimientos, además de la dificultad del cálculo de la huella de carbono internacionalmente.

Por tanto, aún falta mucho por hacer en el MVC²⁷ para que los agricultores (y en un futuro también para los ganaderos) con su actividad y de manera voluntaria tengan la capacidad de generar certificados de carbono, pudiendo ser comercializados en el mercado con un precio fijado que produzca un ingreso adicional para todos ellos en el sector agrario.

2.2. Prácticas de secuestro de carbono sostenibles

2.2.1. Agricultura de conservación y regenerativa

La Política Agraria Común (PAC) de la UE busca activamente modernizar la agricultura hacia sistemas de producción sostenible, adaptando prácticas agronómicas a las necesidades específicas de cada cultivo y a las condiciones locales de cada territorio (Gil & González, 2008). Se distinguen dos tipos de enfoques agrícolas que son considerados el futuro para el saneamiento del suelo. El primero es la agricultura de conservación, que evita la destrucción de la cubierta vegetal manteniendo el agua en el suelo, aumentando la MO (FAO, 2018) y diversificando las especies cultivadas (FAO, s.f.). Por otro lado, la agricultura regenerativa avanza en la recuperación y restauración de la fertilidad de los suelos que han sido degradados, reduciendo la maquinaria pesada y empleando abonos verdes para mantener la cubierta vegetal del terreno y transformar los sistemas de cultivo (BBVA, 2021).

Sus principales objetivos son proteger el suelo contra la erosión y la degradación, además de mejorar su calidad y biodiversidad. Se pone un especial énfasis en la preservación del agua y la calidad del aire del ecosistema, utilizando técnicas que minimizan la alteración de la superficie al disminuir el uso de herbicidas o pesticidas, mantienen una cobertura orgánica constante del mismo, y promueven la rotación de

²⁷ La Comisión Europea está en proceso para el establecimiento de regulaciones del MCV. La Fundación *Global Nature* está interviniendo para solicitar que los humedales del Mediterráneo sean parte de este procedimiento legislativo y se incluyan como sumideros de carbono, ya que sólo se pueden utilizar aquellos que estén reconocidos por la UE. (Euroganadería.eu., 2023)

cultivos para una gestión sostenible del paisaje agrícola. (FAO, s.f.; Gil & González, 2008)

Entre las prácticas más destacadas de ambas agriculturas sostenibles, se encuentra la siembra directa que evita la labranza y permite sembrar sobre los residuos de cosechas anteriores directamente, maximizando la conservación o regeneración de cultivos anuales. Otra técnica importante es el mínimo laboreo, similar a la siembra directa en cuanto a conservar o recuperar residuos vegetales en la superficie, pero con una intervención menor en el suelo con el fin de prepararlo para el cultivo y destinada a aquellos agricultores que no pueden aplicar completamente la siembra directa en sus terrenos. (Gil & González, 2008)

Adicionalmente, en cultivos leñosos se utiliza el método de las cubiertas, garantizando que una parte significativa del suelo quede protegida por coberturas vegetales o inertes. Esta estrategia asegura una protección continua del suelo, favoreciendo un ecosistema agrícola más equilibrado y sostenible, permitiendo mantener una cobertura mínima del 30% del suelo. (Gil & González, 2008)

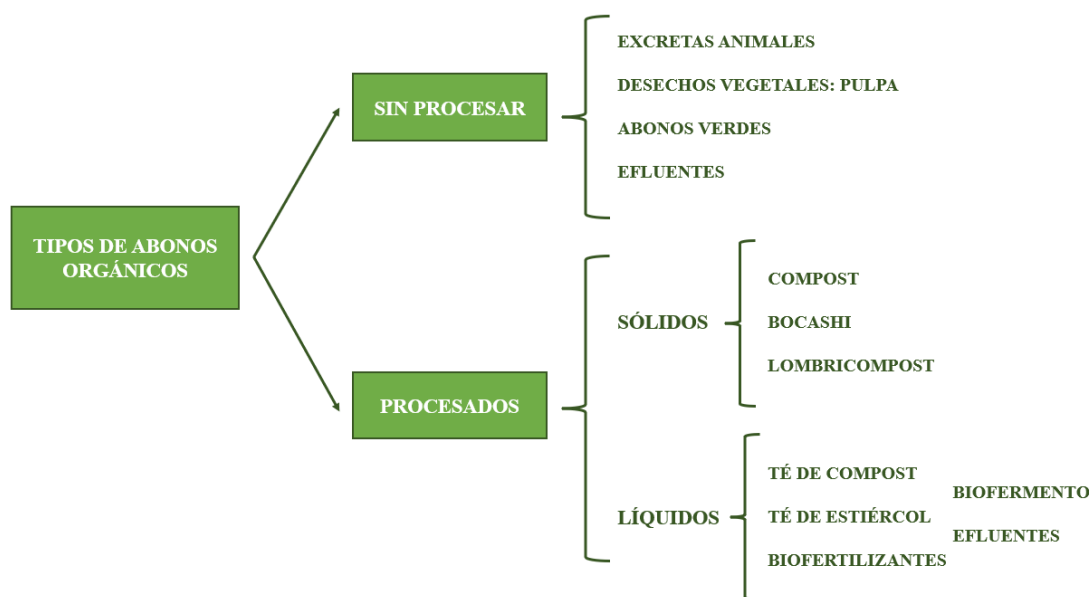
Los beneficios medioambientales de ambas agriculturas, tanto de conservación como regenerativa, son significativos, ya que no solo mejoran la calidad y estructura del suelo, sino que también contribuyen a la fijación del carbono y a la reducción de emisiones de CO₂. Además, se mejora la retención de agua, reduciendo el riesgo de inundaciones y favoreciendo la biodiversidad. Estos tipos de agricultura sustentables buscan incrementar tanto la productividad como la sostenibilidad ambiental del sector agrario, por lo que son una clara solución para los desafíos actuales del manejo agrícola y del medio ambiente. (Gil & González, 2008)

2.2.2. Uso de abonos orgánicos

Uno de los problemas en la agricultura que contamina el medio ambiente y saliniza los suelos es la utilización de fertilizantes químicos en las cosechas. Muchos agricultores son dependientes de estos productos al desconocer las ventajas de los abonos orgánicos y la cantidad de beneficios que implica su uso. (Gómez & Vázquez, 2011)

Un abono orgánico es considerado cualquier material de origen animal o vegetal que es utilizado para la mejora de las características del suelo, aportando una fuente nutricional para la superficie. Entre los más conocidos, destacan los siguientes tipos de abonos orgánicos que se diferencian por el procesamiento que conllevan, sólidos o líquidos, y por otra parte destacan los que no se procesan, como las excretas de los animales o los desechos vegetales, por ejemplo, la pulpa del café (Figura 1). (Soto & Meléndez, 2004)

Figura 1: Tipos de abonos orgánicos



Fuente: Elaboración propia basada en Soto & Meléndez (2004)

Con respecto a dos de ellos, el compost o abono orgánico compuesto es el material que resulta de convertir los residuos orgánicos en humus mediante la descomposición aeróbica, mientras que el *bocashi* (de origen japonés) es un material que aún no ha terminado de compostar, incrementando la temperatura al humedecerse nuevamente, por lo que no tendría que ser administrado cerca de plantas o semillas (Soto & Meléndez, 2004; Ovalle & Quiroz, 2021).

En la siguiente tabla (Tabla 3), se comparan ambos abonos teniendo en cuenta sus características más relevantes para su apropiada preparación y uso. Los aspectos que se destacan son el tipo de MO que produce cada abono, la temperatura máxima necesaria y el porcentaje de humedad que tienen durante su procedimiento. También se ha de determinar cuál es tanto la frecuencia de volteo como la duración de todo su proceso. Por

último, se evalúa cómo se encuentra la temperatura del material una vez aplicado al campo. (Soto, 2003; Soto & Meléndez, 2004)

Tabla 3: Comparación de las características de preparación y uso del compost y bocashi

CARACTERÍSTICAS	COMPOST	BOCASHI
Producto final	Materia orgánica estable	Materia orgánica en descomposición
Temperaturas máximas durante el proceso	65-70°C	45-55°C
Humedad	60% durante todo el proceso del compostaje	Inicia con 60%, pero luego se deja secar el material
Frecuencia de volteo	Determinada por la humedad y la temperatura de la cama	Una o dos veces diariamente para evitar altas temperaturas
Duración del proceso	De 1 a 3 meses según la materia prima y la frecuencia de volteo	De 1 a 2 semanas
Temperatura después de aplicarse al campo	Estable	El material se recalienta al humedecerse de nuevo

Fuente: Elaboración propia basada en Soto (2003) y Soto & Meléndez (2004)

Estos abonos mejoran la actividad biológica de la tierra de cultivo, sobre todo con los organismos que son capaces de transformar la materia orgánica del suelo (MOS) en nutrientes para los cultivos. También se enriquece la capacidad de la superficie para que pueda absorber y retener la humedad. Se facilita la labranza del suelo y sus nutrientes logran mantenerse durante más tiempo. (Gómez & Vázquez, 2011, Ovalle & Quiroz, 2021)

Diversos estudios, como el realizado por Gómez y Vázquez (2011), reportaron que con el uso de estos abonos se aprovechan materiales locales, lo que hace que su coste sea menor, además de ser beneficiosos para las áreas rurales al generar empleo en estas zonas. Con todo ello, se pretende utilizar un tipo de abono que sea favorable con el entorno al utilizar ingredientes naturales mejorando el nivel de pH del suelo y favoreciendo la liberación de nutrientes para la vegetación.

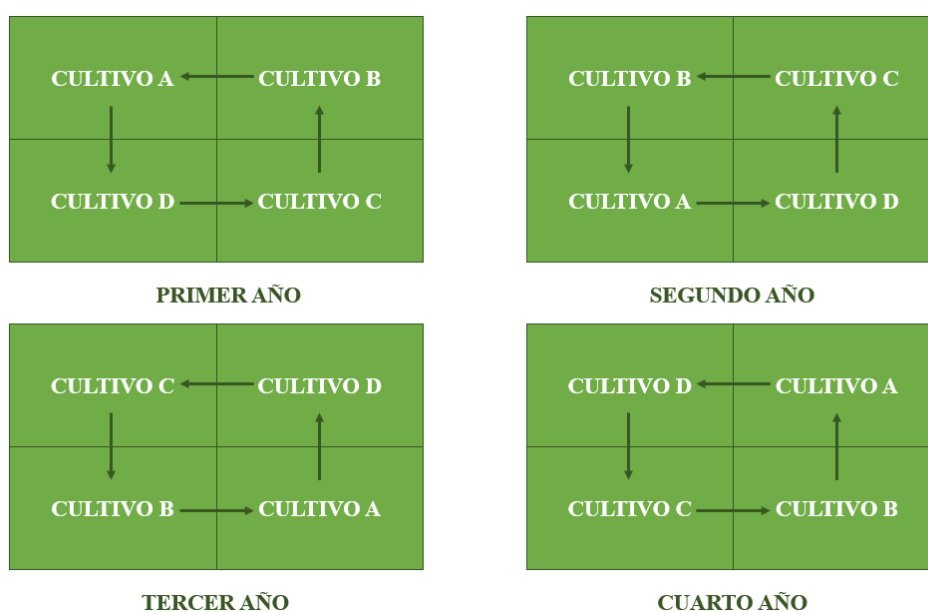
2.2.3. Rotación de cultivos

La práctica sostenible de rotación de cultivos aporta una ventaja significativa a diferencia del monocultivo, al posibilitar una mayor retención de carbono en el suelo. Es una estrategia de manejo de cultivo que puede llegar a modificar positivamente la MOS. No obstante, las características del suelo (por ejemplo, su estructura, textura y mineralogía) y las condiciones climáticas regionales, como la temperatura o la humedad, influyen en gran medida sobre la tasa de acumulación de la MO. Por tanto, en función de estas características y condiciones, los agroecosistemas van a responder de forma diferente. (Espinoza *et al.*, 2007; Pattnaik *et al.*, 2020)

La rotación es una práctica fundamental para manejar ecológicamente los agrosistemas, tanto en los ambientes áridos como semiáridos, dentro de la agricultura convencional. Además, se tiene que llevar una gestión controlada de la fertilidad de los suelos y de las malas hierbas que aparezcan. Este sistema es el más apropiado para conservar el equilibrio y la sustentabilidad de los agrosistemas, ya que imita el proceso de ordenación que hace la naturaleza por sí misma, pero en este caso sustituye las especies silvestres por aquellas que hayan sido mejoradas genéticamente. (Meco & Lacasta, 2012; Ovalle & Quiroz, 2021)

El principio más relevante de la rotación es la ordenada sucesión de especies que han sido cultivadas en la misma parcela, variando en función de las características que haya entre el cultivo anterior y el siguiente. De esta manera, a una planta que consume nitrógeno, como puede ser el cereal, le tiene que dar paso otra que lo pueda acumular, como una leguminosa, y a un manejo consumidor de humus, como el barbecho, otro que lo tenga que producir, en este caso el cereal. Con respecto a las plantas de raíces superficiales, estas serán sucedidas por aquellas plantas que poseen raíces profundas. Finalmente, a los cultivos de ciclos de día corto, invierno-primavera, le tendrán que seguir ciclos de primavera-verano, considerados de día largo. En la siguiente imagen (Figura 2), se representa una rotación de cuatro cultivos diferentes en cuatro parcelas durante cuatro años consecutivos. (Meco & Lacasta, 2012; Ovalle & Quiroz, 2021)

Figura 2: Representación de una rotación regular y cíclica durante 4 años



Fuente: Elaboración propia basada en Guzmán & Alonso (s.f.)

Los beneficios de la rotación de cultivos en los sistemas de secano son muy diversos. Impiden el agotamiento del suelo, ya que cada una de las especies va a ocupar un área y profundidad definidas, mejorándose la gestión de los recursos hídricos de la superficie. También optimizan la manera en la que se gestiona la humedad y la temperatura del suelo, facilitando la descomposición de los materiales orgánicos que hayan sido agregados. (Espinoza *et al.*, 2007; Meco & Lacasta, 2012; Ovalle & Quiroz, 2021)

Aparte de estos beneficios, la rotación logra incrementar la fertilidad del suelo y la salud de las plantas al estar presentes especies perfeccionadas. Gracias a un mayor grado de mineralización, los niveles de elementos asimilables en la superficie aumentan. Otro beneficio es que el contenido en MO es mejorado para las condiciones de cada entorno, favoreciendo que los organismos simbiotes²⁸ se multipliquen, lo que alivia la proliferación de parásitos y enfermedades. Además, se controla mejor la flora espontánea, por lo que no es necesario aplicar herbicidas. (Estalrich *et al.*, 1997a; Estalrich *et al.*, 1997b; Lacasta & Bello, 1989; Meco & Lacasta, 2012)

²⁸ Especies que conviven juntas aportándose un beneficio mutuamente, por ejemplo, las abejas con las plantas (Meco & Lacasta, 2012).

2.2.4. Agroforestería

La agroforestería o agrosilvicultura es otra práctica sostenible que utiliza la tierra y promueve la combinación de cultivos o animales junto con árboles, pudiéndose también combinar los tres a la vez. Este sistema de manejo integral se realiza agregando los avances científicos al conocimiento tradicional que tienen los productores sobre los sistemas ganaderos convencionales. De esta forma, el rendimiento de la carne o de la leche mejora, además de conseguir la diversificación de recintos para el pastoreo con productos como pueden ser la madera, la leña o las frutas. (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2007; Muñoz, 1995)

Estos sistemas se caracterizan por manejar árboles con cosechas o animales sobre el mismo terreno, siendo importantes las interacciones ecológicas entre los componentes leñosos y no leñosos²⁹. Estas relaciones son consideradas más complejas que las que puede tener cualquier otro sistema agrícola, teniendo un ciclo superior a un año. Asimismo, en un sistema agroforestal se obtienen dos o más productos en función de la diversidad de los elementos. (Navia, 2000; Silva-Pando *et al.*, 2002)

Para que un granjero, agricultor o trabajador forestal acepte la aplicación de estos sistemas, se deben emplear especies autóctonas y valorar los aspectos socioculturales de cada población. Estas regiones se pueden beneficiar de que, al incluir árboles o arbustos en los sistemas pecuarios, se provee una gran variedad de servicios ecosistémicos, como la restauración forestal. Con esto se previene la erosión, se conserva el agua y se prepara el hábitat para la vida silvestre, lo que provoca una reducción de los GEI, sobre todo de las emisiones ocasionadas por el C y el CH₄. (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2007; Murgueitio, 2005; Silva-Pando *et al.*, 2002)

Con los sistemas agroforestales se busca incrementar o preservar la productividad derivada de la flora y fauna, además de garantizar la estabilidad y sostenibilidad en el tiempo mediante una intensificación adecuada del uso de la superficie. Por otra parte, se optimiza la estructura del suelo, evitando que se formen capas duras, al igual que se favorece la diversidad de especies y la fauna silvestre. Con esto se evita tener que

²⁹ Los componentes no leñosos hacen referencia a las plantas o los animales (Silva-Pando *et al.*, 2002).

depender de un único cultivo, haciendo que la aparición de plagas y los problemas ocasionados por épocas de lluvias irregulares queden reducidos. (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2007; Navia, 2000)

Por todo ello, la agroforestería es una estrategia crucial para el secuestro bilógico de carbono en la actualidad (Nair, *et al.*, 2009). El Gobierno de España es el propietario del secuestro forestal de todos los bosques existentes hasta el año 2012, por ejemplo, el realizado en las dehesas, para limpiar las emisiones globales de todo el país (Eldesouky *et al.*, 2018). Por tanto, los bosques de nueva plantación o creación son clave para aumentar el secuestro a nivel forestal. Para ello, la empresa *Land Life* ha trabajado con innovadores métodos tecnológicos (usando drones) para la restauración de 15 nuevos bosques en España, con el objetivo de que sean resistentes a los incendios y al cambio climático (FEDEMERAS, 2022).

2.2.5. *Ganadería regenerativa*

Los sistemas regenerativos han sido adoptados cada vez más por los ganaderos, ya que estas prácticas ayudan a que se potencie la producción, la rentabilidad y la resiliencia de la ganadería (Savory & Butterfield, 2016; Voisin & Lecomte, 1962). Los ganaderos que utilizan estas técnicas tienen como objetivo restaurar los ecosistemas y formar agroecosistemas que sean sostenibles y saludables (Teague & Kreuter, 2020).

La necesidad de acelerar el proceso de conversión de la ganadería convencional a la regenerativa es fundamental, para evitar la degradación de los ecosistemas, conservar la biodiversidad y minimizar el impacto que tiene el sector ganadero sobre el cambio climático. Con todo ello, la ganadería regenerativa, también denominada manejo holístico, surge como una opción innovadora basada en la protección de la biodiversidad. Su propósito es poder revertir la cobertura vegetal perdida y frenar la desertificación, además de conseguir una disminución de las emisiones de GEI conservando la salud de los suelos, el medio ambiente y los sumideros de carbono. (Flórez, 2023; Solorio, 2022)

La adopción de una ganadería sostenible requiere conocer el manejo integral del paisaje ganadero, abarcando desde el suelo y el agua hasta la biodiversidad, así como reforzar la preservación y aprovechamiento sustentable de todos los recursos naturales disponibles en cada zona. También se tienen que optimizar los procedimientos de producción y la calidad de la leche, siendo necesario perfeccionar las prácticas reproductoras, sanitarias y genéticas, adaptadas a las condiciones locales de cada lugar para un próspero bienestar animal. (Solorio, 2022)

Para entender el sistema productivo de esta práctica regenerativa, hay que saber que se compone de varias fases. Para comenzar con ello, hay que estudiar que el tipo de ganado sea apto para trabajar en el terreno y determinar su capacidad convencional de carga. En el caso de que el ganado se adapte a la ganadería regenerativa, se empieza con el proceso, mientras que si los animales no se acostumbran esta opción no sería viable. Después de esto, el trabajo debe ejecutarse de forma holística para conseguir unos niveles en insumos inferiores, así como para cuidar el entorno y los pastizales. Es esencial distribuir el área de trabajo para poder llevar a cabo el pastoreo de la ganadería regenerativa en una ruta concreta y posteriormente este diseño debe ser ejecutado para la rotación intensiva del pasto, habiendo seleccionado correctamente el ganado. (Duarte & Serna, 2023)

Al buscar la salud del medio ambiente, en este trabajo se tienen que evitar los químicos como los herbicidas, minimizando su uso. Además, se tiene que realizar un constante seguimiento de esta práctica regenerativa para continuar con el sistema rotatorio diseñado, con una evaluación de los resultados a través del tiempo con el fin de analizar si el ganado se ha adaptado al modelo determinado. (Duarte & Serna, 2023)

2.2.6. Rotación de pastos

La práctica del pastoreo rotacional consiste en manejar el control y movimiento del ganado mediante los pastos (pudiendo ser gramíneas o leguminosas), para el óptimo saneamiento del suelo, de las plantas y de los animales. Durante la rotación, se pasta una única porción de pasto, mientras que el resto se mantiene en reposo. Para ello, los pastos

son subdivididos en áreas más pequeñas, conocidas como potreros, trasladando el ganado de un potrero a otro de forma rotatoria. (Anzola & Giraldo, 2015; Rodale Institute, 2020)

En el sistema rotacional, se distinguen dos periodos que se tienen que alternar adecuadamente. El primero es el periodo de ciclos de ocupación o de pastoreo, en el que los animales están cosechando el pasto. La mejor época para la incorporación de animales al pasto en uso es en el momento en el que la pradera tiene un 30% de forraje florecido. El segundo es el denominado periodo de descanso, en el cual se le da la oportunidad a la pradera de recopilar reservas energéticas y nutritivas además de poder crecer, necesitando la luz proveniente del sol capturado por las hojas. En este periodo, empiezan a crearse nuevos tejidos de la vegetación después de que los forrajes hayan sido pastoreados y su duración depende de distintos factores. Se diferencia por el clima, tipo de suelo, manejo que se le da al potrero (ya sea por riego, fertilización o en función del pastoreo utilizado, entre otros) y la estación del año, variando si es invierno o verano, disminuyendo la carga en la época estival. (Anzola & Giraldo, 2015)

El ganado situado en un pedazo de tierra tiende a destruir toda la vegetación existente, además de compactar la superficie a medida que van avanzando. No obstante, el suelo obtiene numerosos beneficios con el pastoreo rotativo aliviando el daño ocasionado en las praderas por el pisoteo de los animales y disminuyendo la compactación del suelo, lo que proporciona tanto una mayor penetración del aire como un incremento de la infiltración del agua a la tierra. Con esta práctica sostenible, las plantas forrajeras logran recuperar y profundizar sus raíces al permanecer algunos de los potreros inactivos. Continuamente estas raíces logran desprenderse con el fin de descomponerse en el suelo, produciendo un aumento de la biomasa, la fertilidad del terreno y del secuestro de carbono. (Anzola & Giraldo, 2015; Rodale Institute, 2020)

Por tanto, se necesita llevar a cabo una serie de estrategias que ayuden a maximizar la producción ganadera por hectárea a través de este sistema sostenible, alcanzando numerosas ventajas. Entre ellas destaca el control de parásitos y de las malezas, así como el mantenimiento productivo del forraje constante todo el año. Con todo ello, el pastoreo rotacional también ayuda a prevenir tanto la erosión como la escorrentía agrícola. (Anzola & Giraldo, 2015; Rodale Institute, 2020)

3. ANÁLISIS DE DOS CASOS CONCRETOS EN ESPAÑA

3.1. Estudio de los beneficios de la agricultura regenerativa en España: Caso Nestlé

Good food, Good life, “buen alimento, buena vida”, son palabras que resumen perfectamente la misión de Nestlé, empresa líder en el sector de la nutrición, salud y bienestar. Sus objetivos se focalizan en conseguir que la sostenibilidad sea la piedra angular de cualquiera de sus proyectos. (Nestlé, 2023a)

3.1.1. Análisis del caso

La agricultura regenerativa pretende incrementar la biodiversidad y aumentar la fijación del carbono al suelo. Para alcanzar esto se tiene que evitar su erosión, eliminar el empleo de pesticidas, rotar los cultivos puesto que las plagas son más frecuentes en los cultivos de un solo tipo y realizar siembras directas con poco laboreo, así como reducir maquinaria y utilizar excrementos que sean naturales para el abono. (BBVA, 2021; Gil & González, 2008)

La inversión en cultivos de café bajo este sistema regenerativo forma parte de los planes de desarrollo de Nestlé a nivel mundial. El café, por lo general, se cosecha una vez anualmente y de un cafeto se pueden recolectar unos 2 kg de café en cada cosecha (AECafé, s.f.). Algunos de los programas que Nestlé mantiene son el “Nescafé Plan 2030” y el “Nespresso AAA *Sustainable Quality Program*”, con los que busca apoyar a los agricultores usando técnicas de agricultura regenerativa para reducir el efecto de los GEI, incrementar los ingresos de los cultivadores y mejorar sus condiciones sociales, además de las medioambientales (Nespresso, 2023; Nestlé, 2022, 2023b).

La compañía apoya la transición hacia este tipo de agricultura con una inversión en torno a los 1.000 millones de francos suizos³⁰ hasta el año 2030. Los planes incluyen formación de los agricultores, soporte técnico y financiero, así como la excelencia de nuevas plantas de café, los cafetos. Se realizará en los países que proveen el 90% del café

³⁰ Tipo de cambio al 20/03/2024: 1 franco suizo = 1,04 euros.

que son Brasil, Vietnam, Méjico y Colombia, así como Costa de Marfil, Indonesia y Honduras. Para 2025 se estima que el 20% del café se obtendrá a partir de cultivos regenerativos, esperando llegar al 50% en 2030. (Nestlé, 2023b)

Siguiendo con su política de abastecimiento responsable con el medio ambiente, Nestlé está potenciando el cultivo de este método regenerativo que huye de la industrialización en el proceso productivo, además de para el café, para otras materias primas como cereales, cacao, coco y leche, al igual que avellanas, aceite de palma y azúcar, entre otros (Nestlé, 2023a). Con respecto al cacao, aumentarán los suministradores de esta materia prima desde Costa de Marfil a Ghana, hasta en 30.000 explotaciones con la principal idea de mantener 160.000 proveedores globales de cacao hacia 2030 (Nestlé, 2023b).

Nestlé favorece igualmente la reforestación en sus cadenas de suministro controlando vía satélite el crecimiento de los árboles. Mantiene su compromiso económico con los agricultores que realizan la transición desde la agricultura convencional a la regenerativa; en concreto, sus bases de datos cuentan con el seguimiento de más de 250.000 granjas que progresan en el uso de este sistema agrícola ayudando a la reducción de emisiones de GEI. (Nestlé, 2023a)

Mark Schneider, CEO de Nestlé afirma el apoyo de la compañía a las prácticas agrícolas positivas para el medio ambiente y para las personas, por lo que colaboran con comunidades agrícolas universales, trabajando estrechamente con más de 500.000 agricultores favoreciendo prácticas de agricultura regenerativa. (Nestlé, 2019)

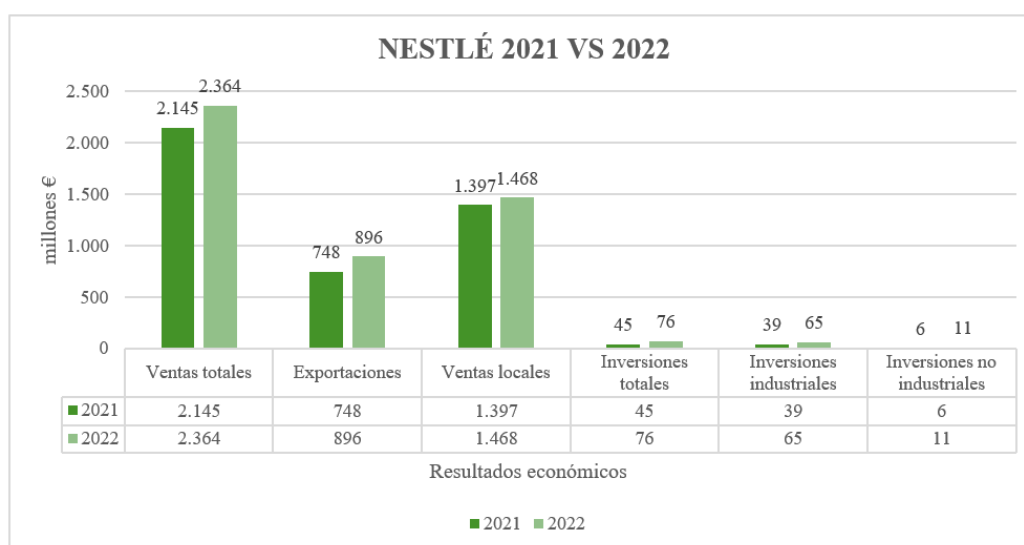
El análisis de los resultados económicos de la compañía Nestlé en España proporcionan los datos siguientes (Tabla 4 y Gráfica 2).

Tabla 4: Resultados económicos de Nestlé España en 2021 y 2022 (cifras en mill. de €)

RESULTADOS NESTLÉ ESPAÑA	2021	2022	%
Exportaciones	748	896	19.79
Ventas locales	1.397	1.468	5.08
Ventas totales	2.145	2.364	10.21
Inversiones industriales	39	65	66.67
Inversiones no industriales	6	11	83.33
Inversiones totales	45	76	68.89

Fuente: Elaboración propia basada en los datos proporcionados de Nestlé (s.f.)

Gráfica 2: Diferencia de resultados económicos de Nestlé España entre 2021 y 2022 (cifras en mill. de €)



Fuente: Elaboración propia basada en los datos proporcionados de Nestlé (s.f.)

Las ventas locales en 2022 subieron en un 5% con respecto al ejercicio anterior, alcanzando 1.468 millones de €. Las exportaciones de lo fabricado en las 10 plantas españolas han llegado a 896 millones de € (38% de las ventas totales), reactivadas por el aumento del consumo tras la pandemia, para alcanzar unas ventas totales de 2.364 millones de €. El grupo Nestlé sigue apostando por su filial en España³¹ incrementando sus inversiones con una cifra de 76 millones de € (casi un 70% más que en 2021) de los que 65 se destinaron a las plantas locales con mejoras en tecnología, eficiencia y sostenibilidad.

³¹ Nestlé y su inversión en las 10 plantas españolas, ha mejorado el empleo y la economía de sus zonas de influencia, invirtiendo también en eficiencia y sostenibilidad, según Jordi Llach, director general de Nestlé España (Nestlé, 2023c).

3.1.2. Análisis DAFO

Siguiendo con su plan estratégico, Nestlé en España habría analizado los factores externos e internos que afectan al desarrollo del mercado de agricultura regenerativa en su cadena de suministros como base de producción de sus materias primas a corto y medio plazo. Se ha elaborado un estudio DAFO (Figura 3) propio en base a las informaciones recabadas tanto de la compañía Nestlé como de las características de la agricultura regenerativa.

Figura 3: Análisis DAFO de Nestlé España y agricultura regenerativa



Fuente: Elaboración propia

Tras realizar este análisis, se puede constatar que Nestlé se posiciona como una empresa líder en el sector de la alimentación al potenciar sus fortalezas y oportunidades en el mercado. Con esa estrategia consigue la fidelización de sus clientes que identifican a la perfección las marcas que consumen. En cuanto a la agricultura regenerativa, sus compromisos con la naturaleza y la excelencia en la calidad de sus productos son defensa contra las amenazas del mercado, como nuevos hábitos alimentarios que conlleven aumento de inversión. Por todo ello, Nestlé con la apuesta por la agricultura regenerativa consigue producir alimentos de alta calidad usando tecnologías innovadoras en un mercado donde se demanda cada vez más el producto natural y saludable.

3.1.3. Conclusiones del estudio

Nestlé, empresa líder del sector de la alimentación, apuesta por la agricultura regenerativa como soporte productivo. Este sistema de explotación va a aportar un indudable beneficio con la mejora de la salud del suelo y la consecución de la sostenibilidad, como principios básicos para la realización de cualquier tipo de proyecto.

Con esta política, la agricultura regenerativa abandona la compra de fertilizantes y pesticidas químicos, que son agresivos y perjudiciales para lo cultivado, y así protege las cosechas de sus materias primas como primer paso en la cadena de producción de la compañía, lo que transmite en sus campañas de publicidad y marketing como uno de sus pilares fundamentales. Sin embargo, la transición entre el uso de la agricultura convencional a la regenerativa exige una gran inversión, formación de los cultivadores e información de los indudables beneficios a los consumidores.

Pese a las posibles amenazas, se considera que es una inversión segura hoy en día donde la sensibilización y demanda de productos sostenibles crece de forma exponencial, afortunadamente. Además, los soportes públicos que apoyan la agricultura regenerativa son parte importante de los presupuestos de los Estados, así como las iniciativas privadas. En definitiva, las fortalezas y oportunidades de la agricultura regenerativa hacen que sea un mercado positivo en el que entrar y mantenerse, al estar potenciando una actividad que favorece, entre otras, el secuestro de carbono.

3.2. La ganadería extensiva y su efecto positivo: Caso ovino y caprino en España

Con un porcentaje en torno al 10% de la Producción Final Ganadera (PFG³²) tanto en carne como en lácteos, España es el primer país de la UE con cabezas de ganado ovino en torno a 14 millones y 2,5 millones de caprino, segundo en importancia después de Grecia (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023a).

Enfocados en las explotaciones de ganadería extensiva, sus ventajas son indiscutibles al contar con beneficios medioambientales, ahorro en energía y maquinaria específica, biodiversidad y cuidado del bienestar animal, así como la posibilidad de generar empleo en las zonas rurales. Sin embargo, otros factores como los mayores tiempos en los ciclos de producción, la necesidad de extensiones de pastoreo más amplias y una mano de obra especializada, entre otros costes, van a encarecer el producto final. Con respecto a la extensiva de ovino y caprino, si bien es el modelo tradicional en España, actualmente se encuentra en retroceso excepto en áreas de Extremadura, Andalucía y Madrid. (BBVA, 2024; Ceva, 2022)

3.2.1. Análisis del caso

El total de la PFG en 2020 (Tabla 5) en cuanto a carne y leche de ganado ovino y caprino supone un 9,8%, con un 5,8% en carne y un 4% en leche. En 2022, el sector ovino y caprino supuso en torno al 9,5% del valor de la PFG, incluyendo en conjunto la producción de carne y leche (5,5% y 4% respectivamente). Esto supone un descenso del 3% con respecto a los datos de 2020. Se situó en quinto lugar en importancia económica, detrás del sector porcino, el vacuno de carne, las aves y el vacuno de leche (Gráfica 3). El ganado ovino y caprino, supone aproximadamente 4% de la Producción Final Agraria (PFA) en España y una estimación de 2.390,6 millones de € en el año 2022, de los que la producción de carne de este sector alcanzó un valor económico de 1.389,6 millones de €. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.b, 2022b, 2023b)

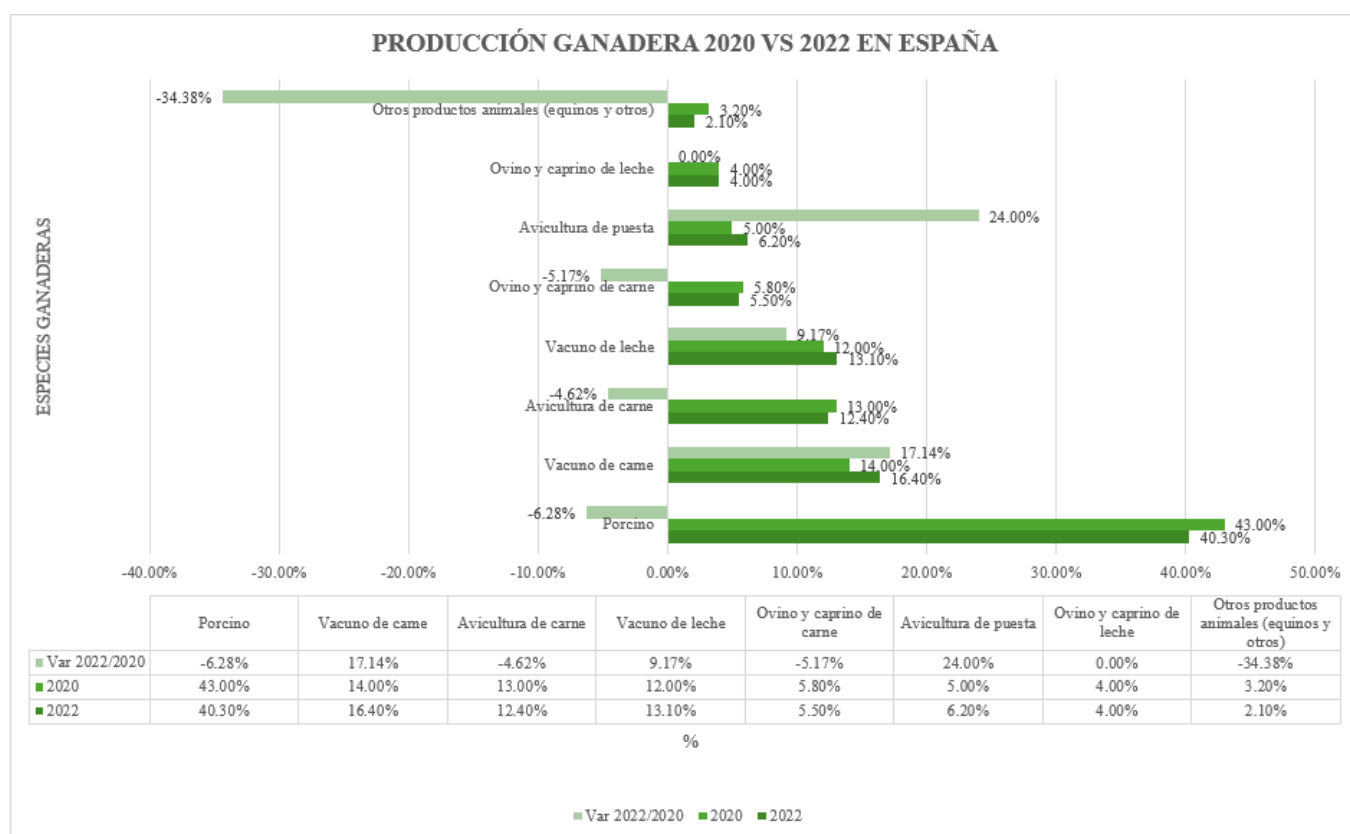
³² La PFG hace referencia a la cría, el cuidado y la reproducción de animales para poder aprovechar sus productos, como pueden ser la carne, la leche o el cuero (BBVA, 2024; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023b).

Tabla 5: Producción ganadera en España en 2020 y 2022

PRODUCCIÓN GANADERA EN ESPAÑA	2020	2022	Var 2022/2020
Porcino	43.00%	40.30%	-6.28%
Vacuno de carne	14.00%	16.40%	17.14%
Avicultura de carne	13.00%	12.40%	-4.62%
Vacuno de leche	12.00%	13.10%	9.17%
Ovino y caprino de carne	5.80%	5.50%	-5.17%
Avicultura de puesta	5.00%	6.20%	24.00%
Ovino y caprino de leche	4.00%	4.00%	0.00%
Otros productos animales (equinos y otros)	3.20%	2.10%	-34.38%

Fuente: Elaboración propia basada en los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.) y (2022b)

Gráfica 3: Diferencia de la producción ganadera en España entre 2020 y 2022



Fuente: Elaboración propia basada en los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.f.) y (2022b)

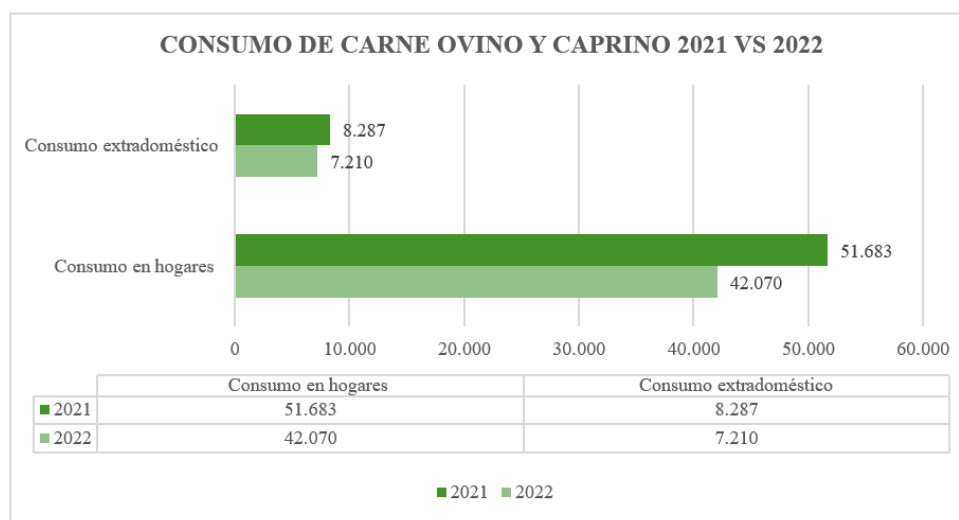
El análisis de los datos de consumo del año 2022 (Gráfica 4) se traduce en 42.070 tm (tonelada métrica), lo que supone una disminución del 18,6% del consumo de carne en los hogares españoles con respecto al año anterior y 7.210 tm de consumo extra doméstico, que indica una bajada del 13% (Tabla 6) con respecto a 2021 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023b).

Tabla 6: Consumo de carne ovino y caprino en 2021 y 2022 (cifras en tm, tonelada métrica)

CONSUMO DE CARNE	2021	2022	%
Consumo en hogares	51.683	42.070	-18.60%
Consumo extradoméstico	8.287	7.210	-13.00%

Fuente: Elaboración propia basada en los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023b)

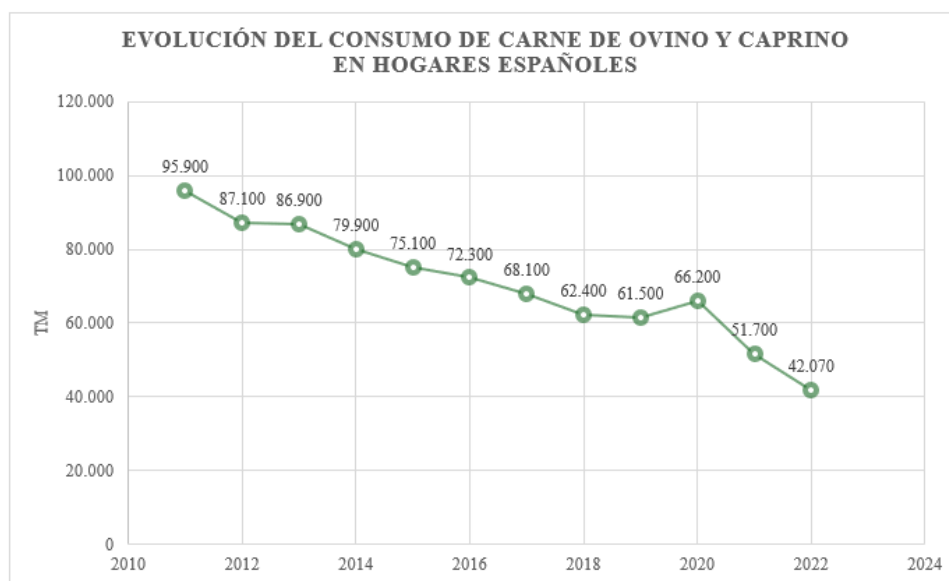
Gráfica 4: Diferencia del consumo de carne ovino y caprino entre 2021 y 2022 (cifras en tm)



Fuente: Elaboración propia basada en los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023b)

En esta línea de consumos de carne de ovino y caprino en hogares españoles, se analiza la tendencia a la baja entre 2011 y 2022 (Gráfica 5), con un descenso significativo en el consumo del 56,13% entre los años 2011 (95.900 tm) y 2022 (42.070 tm), lo que prevé continuar en esta línea de descenso en los años 2023 y sucesivos a no ser que cambien los hábitos de consumo a corto y medio plazo (Statista, 2023).

Gráfica 5: Evolución del consumo de carne de ovino y caprino en los hogares españoles (cifras en tm)



Fuente: Elaboración propia basada en los datos de Statista (2023)

En cuanto a las cifras de comercio exterior³³ (Gráfica 6 y Tabla 7), son positivas para España, ya que el valor de las importaciones se situó en 71 millones de € en 2022, incrementando en 32,5% con respecto al ejercicio anterior. Asimismo, las exportaciones alcanzaron la cifra de 487,3 millones de €, un 18,4% de aumento con respecto a 2021. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023b)

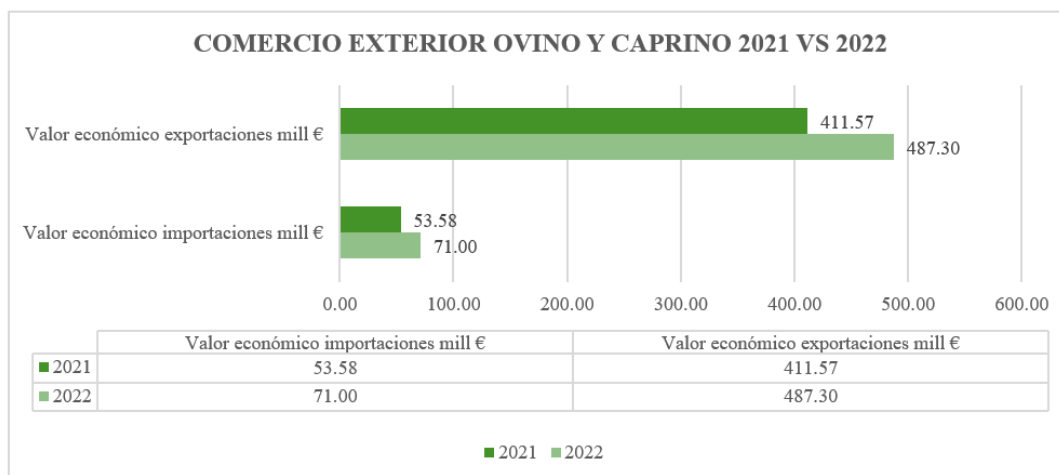
Tabla 7: Datos económicos sobre el comercio exterior de ovino y caprino en 2021 y 2022 (cifras en mill. de €)

COMERCIO EXTERIOR OVINO Y CAPRINO	2021	2022	Var 2022/2021
Valor económico importaciones mill €	53.58	71.00	32.50%
Valor económico exportaciones mill €	411.57	487.30	18.40%

Fuente: Elaboración propia basada en los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023b)

³³ Tras el Brexit, España se ha convertido en el primer productor de la UE puesto que una parte de la cuota del ovino inglés se ha sustituido por el cordero español (Depares, 2022).

Gráfica 6: Diferencia de los datos económicos sobre el comercio exterior de ovino y caprino en 2021 y 2022 (cifras en mill. de €)



Fuente: Elaboración propia basada en los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023b)

Con respecto a las exportaciones de carne ovina, en 2022 fundamentalmente se realizaron dentro de la UE a Francia (38%) e Italia (14%). Fuera de la UE Qatar e Israel representan el 6 y 4%, respectivamente. En este punto, sería interesante forzar la exportación hacia países que tradicionalmente consumen carne de cordero como son todos los de ideología musulmana, los consumidores musulmanes dentro de la UE y en el Extremo Oriente, así como potenciar el mercado hebreo. Sobre el caprino, los países demandantes han sido Francia (30%), Reino Unido (19%) y Bahrein (8%). (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023b)

Por tanto, pese a tener los censos más elevados en ovino (1º) y caprino (2º) de la UE, el consumo es bajo, tanto dentro de los hogares españoles como extra-doméstico, debido en gran medida al aumento de los precios durante 2022 a su vez provocados por el incremento de los costes de producción de estas explotaciones (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023b). Afortunadamente, las exportaciones están soportando la continuidad de estos sectores. Las asociaciones de ganaderos denuncian esta situación límite³⁴ con las bajadas de la cabaña, el menor consumo de carne de cordero y cabrito, además del aumento de los precios, las infecciones y especialmente las pocas ayudas al sector (Depares, 2022).

³⁴ Convocados por ANAFRIC (Asociación Empresarial Cárnica), la reunión de 50 empresas ganaderas de ovino y caprino más importantes denunciaron en noviembre 2022 la situación límite de la producción ovina y caprina, acordando solicitar al gobierno que tengan en cuenta el sector como prioritario, pero no sólo a nivel económico sino por ser el soporte de la España rural (Depares, 2022).

Acerca de la reducción de huella de carbono y descarbonización en la cabaña ovina y caprina en España bajo explotaciones extensivas, los datos de la FAO en 2017 establecen que las ovejas producen GEI emitidos tras sus digestiones y suponen el 7,4% del total de las emisiones mundiales (Revista Frisona, 2022).

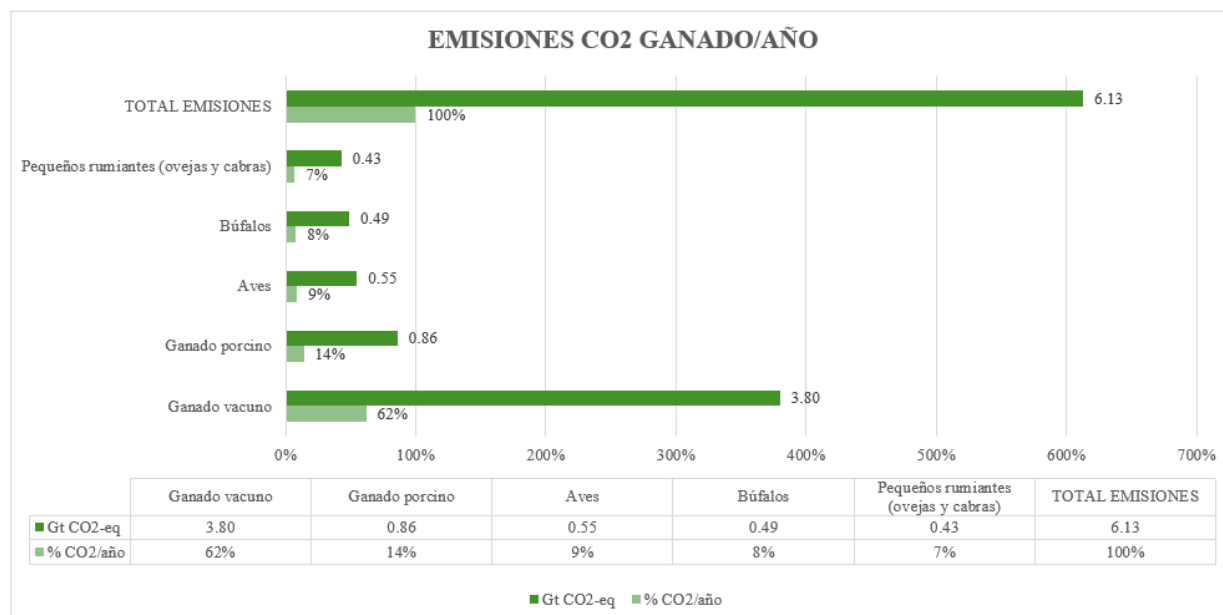
Por otro lado, la ganadería ovina regula asimismo el clima almacenando carbono en los pastos transformados en sumideros de carbono. Un estudio realizado por la FAO (2023) establece los siguientes porcentajes (Gráfica 7 y Tabla 8) de emisiones de CO₂ al año por sectores ganaderos y las emisiones de CO₂ en GtCO₂-eq³⁵.

Tabla 8: Emisiones anuales de CO₂ en la ganadería (cifras en Gt)

EMISIONES DE CO ₂ GANADO/AÑO	Gt CO ₂ -eq	% CO ₂ /año
Ganado vacuno	3.80	62%
Ganado porcino	0.86	14%
Aves	0.55	9%
Búfalos	0.49	8%
Pequeños rumiantes (ovejas y cabras)	0.43	7%
TOTAL EMISIONES	6.13	100%

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la FAO (2023)

Gráfica 7: Emisiones anuales de CO₂ en la ganadería (cifras en Gt)



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la FAO (2023)

³⁵ "GtCO₂-eq" es la abreviatura de "gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente". Una Gt equivale a mil millones de toneladas.

Para conseguir la reducción de la huella de carbono que provocan las explotaciones ganaderas de ovino y caprino hay diferentes alternativas, como la agroforestería, la rotación de los pastos y la mejora en la sanidad animal. Entre varias alternativas, hay en marcha un proyecto en el que participan 5 países europeos, contando con Francia, Irlanda, Italia, Rumanía y España, bajo el nombre de *Life Green Sheep*. Se tiene como objetivo principal reducir la huella de C del ganado ovino en un 12% para el año 2025. (Life Green Sheep, 2022)

Un aumento de las leguminosas en los forrajes, incremento de fertilizantes orgánicos en detrimento de los minerales y sobre todo optimizar el pastoreo, ampliando la temporada del ganado en pastos, son acciones cruciales que hay que seguir realizando, además de fomentar la continuidad de los pastos como sumideros de carbono.

Es fundamental poder unificar legislaciones y posibilitar a los ganaderos españoles entrar en el mercado de los créditos de carbono al considerarse las zonas de pastoreo y los montes como sumideros de carbono activos. Ya explotaciones agrícolas en Galicia apuntaban lo interesante que sería la venta de créditos de carbono para comunidades en los montes gallegos, como recurso económico, con unos precios por tonelada de CO₂-eq entre 15 y 20 € (Friol, 2022). Dentro del programa *LIFE* de la Comisión Europea, *Life Carbon Farming 2021-2027* es un proyecto en el que participan 6 países, siendo Francia, Irlanda y España, además de Italia, Alemania y Bélgica, con un presupuesto asignado de 5.400 millones de € repartidos entre subprogramas de biodiversidad, economía circular, cambio climático y energías limpias (Life Carbon Farming, 2023).

Este y otros proyectos que forman parte de *LIFE*³⁶, tienen como objetivo prioritario el secuestro de carbono y también conseguir créditos de carbono certificados para entrar en el MVC. Sin embargo, esta posibilidad de entrar el sector ganadero en dicho mercado no parece ser efectiva a corto plazo, fundamentalmente centrado en proyectos forestales y de reforestación tras incendios.

³⁶ El proyecto “Operación CO₂” es otra de las iniciativas dentro de los programas *LIFE* financiados por la Comisión Europea con la participación de España Países Bajos y Reino Unido, teniendo como objetivo obtener créditos de carbono (Operación CO₂, 2017).

La PAC 2023-2027, ha presupuestado 1.107,49 millones de € para ayudas a la agroecología y a la agricultura baja en carbono entre otras acciones y para el pastoreo extensivo. Su objeto es reducir las emisiones de GEI en la UE, al menos 55% en 2030 (comparado con 1990) y poder llegar a emisión 0 en 2050. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022c)

3.2.2. Análisis DAFO

Como herramienta de estudio, el siguiente análisis DAFO (Figura 4), permitirá elaborar algunas conclusiones para el futuro de este sector en España.

Figura 4: Análisis DAFO de ganadería extensiva ovina y caprina en España



Fuente 1: Elaboración propia

El análisis sugiere intentar una estrategia de posicionamiento, sacando provecho de las fortalezas internas y de las oportunidades del mercado. Entre las fortalezas, se destacan la gran variedad de productos, la mejora de la calidad de los pastos y la demanda de productos naturales. Las oportunidades que brinda el mercado son la demanda de productos de calidad de denominación de origen protegida (DOP), tendencias innovadoras en gastronomía que puede ser un sector atractivo y con poca competencia dentro de la restauración, así como el interés creciente por productos frescos nacionales

sobre los importados. También se podría defender dando más peso a sus puntos positivos internos frente a las amenazas, sobre todo de la competencia de otros tipos de carne. Plantear una vía solo de supervivencia, sería más conservadora, pero no lo suficientemente efectiva para intentar el crecimiento del sector.

3.2.3. Conclusiones del estudio

Considerar las explotaciones de ganadería ovina y caprina en España como sustentadoras de pastos, que a su vez son sumideros de carbono, es un hecho a tener muy en cuenta.

El sector agropecuario español emite elevadas cantidades de GEI. Por ello, aunque en la actualidad las compensaciones en nuestro país favorecen especialmente a forestaciones masivas, deberían considerarse las extensas áreas de pastoreo y los montes como proyectos fidedignos a certificar y entrar en el MVC de carbono. Así, las comunidades ganaderas se beneficiarían y los compradores compensarían sus emisiones de gases tóxicos. Sin embargo, de momento las compensaciones de carbono en nuestro país no favorecen a este sector.

Por otro lado, el consumo de carne de cordero y cabra ha disminuido significativamente en España en los últimos años, siendo compensado por la subida de las exportaciones de ganado ovino y caprino. A nivel nacional, las insuficientes subvenciones a los ganaderos de extensiva, la competencia con la carne de pollo y de cerdo, los gustos por ofertas procedentes de mercados orientales como el pescado crudo y el sushi hacen que el descenso de su consumo esté por encima del 50%, comparado con el que existía en el año 2011.

No obstante, campañas informativas al consumidor donde se resalten las cualidades de este tipo de carne, la sostenibilidad que deriva del pastoreo, mejoras en las condiciones de trabajo que detengan el éxodo rural, así como nuevas tendencias gastronómicas que elaboren platos tradicionales con carne de ovino y caprino, pueden favorecer la recuperación de este sector y de su consumo a nivel nacional.

4. SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA

Diversos proyectos europeos dentro del programa *LIFE*, como instrumento de financiación de la UE en sectores medioambiental y de clima, han financiado desde 1992 gran cantidad de planes, tanto en la UE como en otros países (European Commission, 2023).

En España, un proyecto interesante y pionero es *Biocarbon Estates*. Su misión es favorecer los procesos que atenúen el cambio climático a la vez que la conservación de la biodiversidad, dentro del marco de las políticas ambientales de la UE y con capital privado. Entre sus objetivos está el secuestro de carbono, el establecimiento de medidas para inundaciones e incendios forestales y la restauración de los paisajes naturales, además de que los mercados voluntarios de servicios ecosistémicos y de carbono del continente europeo estén en una línea equiparable. (Biocarbon Estates, s.f.)

Una reunión con uno de sus miembros activos, la Sra. Ana Rengifo Abbad, científica en el campo del cambio climático y búsquedas de alternativas fiables, ha permitido resolver una serie de dudas y, sobre todo, abrir una vía de soluciones posibles para la mejora de determinados problemas en el entorno rural español.

Como inicio de la investigación, nos situamos en el contenido de la Ley 21/2013 de evaluación ambiental (España, 2013). Esta ley pretendía incorporar al ordenamiento jurídico español las directivas del Parlamento europeo y del Consejo de años anteriores (2001/42/CE y 2011/92/UE) relativas a efectos de planes y proyectos tanto públicos como privados sobre el medio ambiente (Garrigues, 2013).

En su disposición adicional octava, se especificaba que los Bancos de Conservación de la Naturaleza (BCN) eran una herramienta fundamental para apoyar planes de propietarios de terrenos privados que deseaban participar activamente en la conservación del entorno natural. Se debían identificar registralmente las fincas, además de establecer la obligación de mantener o mejorar el terreno, existiendo la posibilidad de generar créditos de conservación que se podían vender como compensación en el mercado

libre. También se establecían sanciones por incumplimiento de la normativa reguladora del Patrimonio Natural y Biodiversidad. (Custodia del Territorio, 2017)

Se acometieron varios proyectos para la mejora de la conservación de los terrenos a largo plazo, como alguno basado en “bancos múltiples” fomentando la conexión entre diferentes hábitats y especies. Ejemplos piloto están en Dehesa del Guijo (Cáceres) y La Garganta (Ciudad Real). En todos los BCN era necesario la emisión de informes con periodicidad anual por parte de entidades independientes para asegurar el cumplimiento de las obligaciones de conservación; también se debía suscribir un seguro agrario. Conseguir acometer los BCN de forma conjunta entre las Administraciones implicadas, propietarios, promotores, técnicos y científicos, además de contar con las entidades financieras y el resto de las partes comprometidas en cada plan concreto, era una tarea básica para el resultado óptimo. (Custodia del Territorio, 2017)

En definitiva, el objetivo de los BCN era favorecer el desarrollo económico de las regiones implicadas, fijar la población cada vez más en éxodo hacia las grandes ciudades e incrementar los puestos de trabajo de personal técnico, así como conseguir la adicionalidad en el patrimonio natural y la biodiversidad. Lamentablemente no se ha llevado a cabo porque el Reglamento no se ha desarrollado.

Ante la inquietud de si existen nuevos proyectos agrícolas y ganaderos en España que pudieran considerarse interesantes para que, una vez certificados convenientemente, consiguieran entrar en el MVC, la respuesta es que deberían considerarse aquellos que admitan todos los sumideros, lo más completos posibles, para realizar un secuestro de carbono eficaz. Actualmente se aceptan solo los forestales o la repoblación en tierras que han sufrido incendios, pero no se reconocen ni la gestión agroforestal, ni cultivos leñosos, ni humedales, ni suelos. Tampoco son reconocidos aquellos relacionados con la ganadería, sector que está a la expectativa de que esto cambie. A nivel nacional existen algunas entidades que certifican la veracidad de estos proyectos compensatorios, por ejemplo, la Oficina de Cambio Climático (OECC), *Aenor* y *Global Omnium*, esta última en el sector de gestión de aguas valenciano. Todo ello dentro del mercado voluntario.

Es muy importante asegurar que los proyectos sean viables y puedan funcionar correctamente. Como ejemplo no factible se consideró una replantación de árboles a través de emisión de semillas desde el aire por parte de drones. Esto sería inviable puesto que la posibilidad de germinar es remota si se sigue este procedimiento. Por lo tanto, no se deberían vender alternativas que no funcionan, aunque desgraciadamente en muchos casos hay falta de rigor y sobre todo de comunicación entre las diferentes administraciones.

Afortunadamente en España existe una conciencia de sostenibilidad creciente, pero en muchas empresas contaminantes a gran escala la capacidad para compensar favorece la no reducción de sus emisiones propias, generando un problema gravísimo, sobre todo si el compromiso de conseguir neutralidad de carbono en 2050 continúa activo. Lo que se debería hacer es dar alternativas a la población para conseguir mejoras en las tareas dentro el sector agrícola. No es fácil utilizar tractores eléctricos y recargarlos o funcionar con paneles solares cuando la niebla persiste. Incluso hubo propuestas de colocar collares al ganado para localizarlo, pero su puesta en marcha sería poco probable ya que en gran parte de las zonas rurales no existe cobertura en las comunicaciones.

Como asunto prioritario, el descenso de población en las áreas dedicadas a la agricultura y ganadería en nuestro país es ciertamente preocupante. No se produce renovación en los oficios tradicionales de nuestros campos. La única solución pasa por mejorar las condiciones de las áreas productoras: cobertura máxima de líneas telefónicas e internet, mejora de servicios asistenciales (por ejemplo, la atención primaria y los hospitales se localizan en muchos casos a kilómetros de las zonas de cultivo y pastoreo), educación obligatoria de calidad, además de la facilidad para solicitar subvenciones y, por supuesto, que resulte una balanza positiva entre lo recibido por compensaciones y los costes de producción.

Una preocupación creciente al aproximarnos a la época estival en nuestro país es el incremento de los incendios forestales. Ante esta cuestión, nuestra experta en temas medioambientales sugiere con claridad la importancia de evitar las plantaciones masivas de árboles de alto riesgo, como todos los del género *Pinus*, debido al elevado contenido en trementina, altamente inflamable que contienen sus resinas. Se debería promover el paisaje en mosaico, en el que conviven huertas, terrenos de cultivo, pastos y bosques. Con

esto, el fuego ralentizará su expansión y será más fácil su contención. También se debería posibilitar la entrada del ganado en los bosques ya que son consumidores de bajo matorral y rastrojos. Y por qué no, crear puestos de trabajo remunerados que realicen tareas de limpieza de nuestros montes, ya que los voluntarios no son suficientes.

En definitiva, es siempre conveniente hacer prevalecer el sentido común y la sensibilidad para proteger nuestro entorno sobre los intereses económicos. Esa responsabilidad ambiental y social lo es para todos y no solo para unos pocos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo prioritario de este trabajo es analizar y profundizar en la importancia que tiene el secuestro de carbono para mitigar el cambio climático, focalizándolo en la actividad agrícola. La revisión y estudio exhaustivo de diferentes trabajos y fuentes fidedignas, así como las aportaciones de expertos en la materia colaboradores en proyectos de sostenibilidad, permiten constatar que prácticas en la agricultura como el uso de fertilizantes, maquinaria, erosión del suelo y quema de restos de cultivos favorecen la generación de GEI y, por consiguiente, el calentamiento global.

Sin embargo, otros modelos de producción, como la agricultura regenerativa y la ganadería extensiva favorecen la protección del suelo y el secuestro de carbono. Por ello, es fundamental tanto la reducción de emisiones como una política de compensación a través de los créditos de carbono que participan tanto en el MVC como en el MOC. Gran parte de la investigación se ha dirigido hacia el funcionamiento de los bonos o créditos de carbono siendo su utilidad decisiva como soporte para compensar emisiones de gases contaminantes como el CO₂. Esto es debido a la imposibilidad de realizar reducciones a corto plazo y poder favorecer la consecución de la neutralidad climática en 2050. Esto beneficia a los actores involucrados, tanto a las empresas incapaces de bajar de inmediato los flujos de GEI, como a los cultivadores y propietarios mediante procesos que almacenan carbono para lograr la sostenibilidad medioambiental.

Por lo tanto, es tarea prioritaria por parte de instituciones como el Parlamento Europeo y el Consejo que se establezcan mecanismos reguladores de la normativa a seguir a nivel global, teniendo en cuenta siempre las peculiaridades geográficas de cada entorno. En España, el uso de sistemas de rotación de cultivos y pastos, así como la agricultura de conservación entre otros, incrementan del secuestro de carbono. Sin embargo, nuestro sector ganadero se encuentra perjudicado al no formar parte de momento en el juego de las compensaciones. En este punto, podemos plantearnos el por qué no promocionar los beneficios de la fertilización orgánica sobre la química y de nuestra ganadería extensiva, cada vez más implantada en la actualidad.

Una cuestión que surge es si las compañías que no reducen lo que debieran, sino que compensan, se acomodan a esta estrategia de forma oportunista para alargar sus obligaciones y evitar sanciones justas. Por otro lado, es arbitrario que no se hayan terminado acciones impulsadas por iniciativa privada al no aprobarse un reglamento concreto. Estamos hablando de los BCN, herramientas que buscaban el mantenimiento de la biodiversidad y la consecución de la adicionalidad, por la que se realizaban mejoras sostenibles que iban más allá de lo que habría resultado sin la actuación concreta.

Por otro lado, el campo está manifestándose. Los agricultores pretenden que las instituciones europeas revisen las políticas agrarias comunes y que además de proteger el medio ambiente y la biodiversidad, se protejan sus ingresos. Se pretende reducir el uso de pesticidas, como ejemplo, pero no se dan alternativas a los agricultores. Ellos deben invertir para mejorar en tecnologías no contaminantes y los costes de producción se disparan, así como la mano de obra, cada vez más escasa y menos especializada. Las importaciones extracomunitarias de productos agrícolas y ganaderos van en aumento. Es conocida la oposición de algunos mandatarios europeos a MERCOSUR. Sostenibilidad sí, por supuesto, pero cuidando la economía de nuestros agricultores y ganaderos, para que no sólo las grandes empresas puedan apostar por técnicas regenerativas en agricultura y extensivas en ganadería.

En definitiva, el artículo 45 de la Constitución española reconoce el derecho de los ciudadanos a disfrutar de un medio ambiente adecuado. Asimismo, establece que aquellos que incumplan el deber de usar los recursos naturales de forma racional y vayan en contra de la conservación de la naturaleza, habrán de reparar el daño causado además

de someterse a sanciones. La Ley de Responsabilidad medioambiental 26/2007 que incorpora al ordenamiento jurídico español Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo, y la 34/2007 sobre la calidad del aire y protección de la atmósfera, apoyan entre otras legislaciones, la prevención y la subsanación de los perjuicios al entorno.

La conciencia social y la sensibilización hacia un futuro sostenible está cada vez más enraizada en la población. Se ha profundizado mucho en lo que son las técnicas para conseguir un secuestro de carbono más efectivo; sin embargo, la solución no es solo almacenar, ni compensar. Si no existe un compromiso total en la reducción de las huellas de carbono, el desarrollo del cambio climático será exponencial.

6. DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE IAG

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Marta María Lozoya Beato, estudiante del Doble Grado de Administración y Dirección de Empresas y Relaciones Internacionales (E6) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Innovación y sostenibilidad para el secuestro de carbono en el sector agrícola", declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Crítico:** Para encontrar contraargumentos a una tesis específica que pretendo defender.
3. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.

4. **Estudios multidisciplinares:** Para comprender perspectivas de otras comunidades sobre temas de naturaleza multidisciplinar.
5. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
6. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
7. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
8. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 20 de marzo de 2024

Firma: 

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, T., & Abbasi, S. (2011). Decarbonization of fossil fuels as a strategy to control global warming. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15, 1828-1834. Retrieved on March 6, 2024, from <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2010.11.049>
- AECafé. (s.f.). Cultivo y Recolección. *Asociación Española del Café*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.asociacioncafe.com/cultivo-y-recoleccion-cafe/#:B1o>
- Ali, M., & Talukder, M. (2008). Increasing water productivity in crop production: A synthesis. *Agricultural Water Management*, 95, 1201-1213. Retrieved on March 2, 2024, from <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2008.06.008>

- Altieri, M., Nicholls, C., Henao, A., & Lana, M. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 869 - 890. Retrieved on March 3, 2024, from <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Anzola, H., & Giraldo, V. (2015). Rotación de potreros. “A mayor cantidad de potreros, mayor disponibilidad de forraje”. *Fondo Nacional del Ganado (FNG)*. Recuperado el 17 de marzo de 2024, de https://static.fedegan.org.co/Revistas_Carta_Fedegan/149/30CIENCIA%20Y%20TECNOLOGI%CC%81A%20A%20MAYOR%20CANTIDAD%20DE%20POTREROS,%20MAYOR%20DISPONIBILIDAD%20DE%20FORRAJE_.pdf
- Arias, M. (2023). Los mercados voluntarios de carbono en el sector agrario. *Olint-Agromillora*. Recuperado el 15 de marzo de 2024, de <https://www.agromillora.com/olint/los-mercados-voluntarios-de-carbono-en-el-sector-agrario/>
- BBVA. (2021). La ciencia de cultivar el suelo: ¿qué es la agricultura regenerativa?. *BBVA*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-ciencia-de-cultivar-el-suelo-que-es-la-agricultura-regenerativa/>
- BBVA., (2022). ¿Qué son y qué función tienen los mercados voluntarios de carbono?. *BBVA*. Recuperado el 8 de marzo de 2024, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-y-que-funcion-tienen-los-mercados-voluntarios-de-carbono/>
- BBVA. (2024). Ganadería intensiva y extensiva: ¿Cuáles son sus diferencias?. *BBVA*. Recuperado el 25 de febrero de 2024, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/ganaderia-intensiva-y-extensiva-cuales-son-sus-diferencias/>
- Benbi, D. (2012). Impact of climate change on soil health. *Annals of Agricultural Research*, 33(4). Punjab Agricultural University. Retrieved on March 8, 2024, from <https://epubs.icar.org.in/index.php/AAR/article/download/42704/19025>

- Biocarbon Estates. (s.f.). Clima, naturaleza y biodiversidad. El proyecto Biocarbon Estates. *Biocarbon Estates*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://biocarbonestates.com/>
- Brierley, A., & Kingsford, M. (2009). Impacts of Climate Change on Marine Organisms and Ecosystems. *Current Biology*, 19, R602-R614. Retrieved on February 24, 2024, from <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.05.046>
- Camps, M., & Pinto, M. (2004). Los sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto. *Edafología*, 11(1), 27-36. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <http://www.edafologia.net/revista/tomo11a/articulo27.pdf>
- Carbon Offset Guide. (2020). Gold Standard. *Carbon Offsets*. Retrieved on March 7, 2024, from <https://www.offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/carbon-offset-programs/voluntary-offset-programs/gold-standard/>
- Carvalho, P., Anghinoni, I., Moraes, A., Souza, E., Sulc, R., Lang, C., Flores, J., Lopes, M., Silva, J., Conte, O., Wesp, C., Levien, R., Fontaneli, R., & Bayer, C. (2010). Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 88, 259-273. Retrieved on February 26, 2024, from <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9360-x>
- Castro, J. (2023). ¿Qué es la Agricultura Intensiva y Extensiva? Ejemplos y Diferencias. *ECONORADAR*. Recuperado el 25 de febrero de 2024, de <https://econoradar.com/agricultura/que-es-la-agricultura-intensiva-y-extensiva-ejemplos-y-diferencias/>
- Càtedra d'Agroecologia UVic-UCC. (2019). La ganadería extensiva: una oportunidad frente al cambio climático [YouTube Video]. In *YouTube*. Recuperado el 11 de enero de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=2ViTg4D15CA>
- Ceva. (2022). Ganadería extensiva: características, ventajas y su papel en España. *Equipo Ceva Salud Animal*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://ruminants.ceva.pro/es/ganaderia-extensiva-caracteristicas-ventajas-y-su-papel-en-espana>

- Climate Trade (2020). Los árboles del futuro: reactores de microalgas BioUrban para purificar el aire de las grandes ciudades. *Climate Trade*. Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://climatetrade.com/es/los-arboles-del-futuro-reactores-de-microalgas-biourban-para-purificar-el-aire-de-las-grandes-ciudades/>
- Climate Trade. (2021). Mercado voluntario y mercado obligatorio de créditos de carbono. *Climate Trade*. Recuperado el 8 de marzo de 2024, de <https://climatetrade.com/es/mercado-voluntario-y-mercado-obligatorio-de-creditos-de-carbono/>
- Climate Trade. (2022). ¿Qué son los créditos de carbono ‘buenos’ o ‘malos’?. *Climate Trade*. Recuperado el 6 de marzo de 2024, de <https://climatetrade.com/es/que-son-los-creditos-de-carbono-buenos-o-malos/>
- Climate Trade. (2023a). ¿Qué es el secuestro de carbono?. *Climate Trade*. Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://climatetrade.com/es/que-es-el-secuestro-de-carbono/>
- Climate Trade. (2023b). Compensa tu huella de carbono y redefine tu impacto climático. Compra créditos de carbono. *Climate Trade*. Recuperado el 6 de marzo de 2024, de https://climatetrade.com/es/inicio/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAxaCvBhBaEiwAvsLmWlVW6WHCqdU3SYfPuioBpnjvE_KPbNF7e0SbcHGQFOmm9wK3CZpdQRoCdPMQAvD_BwE
- Cohen, J., Screen, J., Furtado, J., Barlow, M., Whittleston, D., Coumou, D., Francis, J., Dethloff, K., Entekhabi, D., Overland, J., & Jones, J. (2014). Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. *Nature Geoscience*, 7, 627-637. Retrieved on February 24, 2024, from <https://doi.org/10.1038/NGEO2234>
- Consejo de Redacción. (2011). Legislación al día. Estado. Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de almacenamiento geológico de dióxido de carbono (BOE núm. 317, de 30 de diciembre de 2010). *Actualidad Jurídica Ambiental*. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <https://www.actualidadjuridicaambiental.com/legislacion-al-dia-estado-42/>
- Crespo, C. (2019). La urea: características, ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada. *PortalFruticola.com*. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/06/07/la-urea-caracteristicas-ventajas-y-desventajas-de-esta-fuente-nitrogenada/#:~:text=La20urea20es20uno20de,menudo20usada20en20formulaciones20IC3ADquidas>

Custodia del Territorio. (2017). Bancos de Conservación de la Naturaleza, situación actual y avances. *Ministerio para la Transformación Ecológica y Reto Demográfico*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.custodia-territorio.es/novedades/bancos-de-conservacion-de-la-naturaleza-situacion-actual-y-avances>

Delmas, M., & Burbano, V. (2011). The Drivers of Greenwashing. *California Management Review*, 54, 64 - 87. Retrieved on March 6, 2024, from <https://doi.org/10.1525/cm.2011.54.1.64>

Depares, B. (2022). “Situación límite” de la industria y producción ovina y caprina en España. *Revista Cárnica*. Recuperado el 17 de marzo de 2024, de <https://carnica.cdecomunicacion.es/noticias/55606/situacion-limite-industria-ovina-caprina-espana-anafric#:~:text=La%20tendencia%20del%20consumo%20nacional,en%20%E2%80%9Cuna%20situaci%C3%B3n%20IC3%ADmite%E2%80%9C>

Duarte, J., & Serna, S. (2023). Modelo de producción ganadera sostenible a través de prácticas de ganadería regenerativa como estrategia de productividad en una granja de la vereda el gobernador de Mesetas, del departamento del Meta. [Trabajo de Grado, Universidad Santo Tomás]. Recuperado el 13 de enero de 2024, de <http://hdl.handle.net/11634/51628>

Ecodes. (2021). Mercados Voluntarios de Carbono. *Ecodes*. Recuperado el 8 de marzo de 2024, de <https://archivo.ecodes.org/web/cambio-climatico-y-ecodes/mercados-voluntarios-de-carbono>

Efeagro. (2023). El Ministerio analizará el contenido de carbono en los suelos de 16.000 parcelas. *EFEAgro*. Recuperado el 19 de marzo de 2024, de <https://efeagro.com/analisis-suelos-agricolas-carbono/>

- Eldesouky, A., Mesias, F., Elghannam, A., & Escribano, M. (2018). Can extensification compensate livestock greenhouse gas emissions? A study of the carbon footprint in Spanish agroforestry systems. *Journal of Cleaner Production*, 200, 28-38. Retrieved on March 17, 2024, from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.279>
- España. (2013). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. BOE-A-2013-12913. *BOE*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12913>
- España. (2014). Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. BOE-A-2014-3379. *BOE*. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/03/14/163>
- España. (2022). Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios. BOE-A-2022-23052. *BOE*. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/12/27/1051>
- Espinoza, Y., Lozano, Z., & Velásquez, L. (2007). Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia*, 32(8), 554-559. Recuperado el 10 de enero de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800012
- Estalrich, E., García-Muriedas, G., Lacasta, C., & Meco, R. (1997a). Control mecánico de adventicias en cultivos herbáceos del secano. *Actas del Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, 37-40.
- Estalrich, E., García-Muriedas, G., Lacasta, C., & Meco, R. (1997b). Efecto de las rotaciones de cultivos herbáceos de secano sobre las poblaciones de adventicias. *Actas Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, 33-36.
- Estrada, M., Lau, N., Venegas, E., Flores, M., & Montano, J. (2003). El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. The Carbon Sequestration in Agriculture and its Importance in Global Warming. *Theoria*, 12(1), 65-71.

- Euroganadería.eu. (2023). Global Nature pide incluir los humedales mediterráneos en el mercado voluntario de carbono. *Euroganadería.eu*. Recuperado el 12 de marzo de 2024, de https://www.euroganaderia.eu/ganaderia/noviembre/global-nature-pide-incluir-los-humedales-mediterraneos-en-el-mercado-voluntario-de-carbono_12365_206_17625_0_1_in.html
- European Commission. (2023). LIFE programme: EU invests more than €116 million in nature, environment, and climate Strategic Projects. *European Commission Press Release*. Brussels. Retrieved on March 18, 2024, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_23_1526/IP_23_1526_EN.pdf
- European Parliament. (2023). Parliament adopts new carbon sinks goal that increases EU 2030 climate ambition. *European Parliament News*. Retrieved on March 14, 2024, from <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230310IPR77223/parliament-adopts-new-carbon-sinks-goal-that-increases-eu-2030-climate-ambition>
- FAO. (s.f.). Agricultura de conservación. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/impact/benefits-of-ca/es/>
- FAO. (1993). Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries. *FAO*. Forestry Paper 112. Rome.
- FAO. (2018). Agricultura de conservación. Beneficios de la agricultura de conservación. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/impact/benefits-of-ca/es/>
- FAO. (2023). Un nuevo informe de la FAO traza vías para reducir las emisiones del sector ganadero. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.fao.org/newsroom/detail/new-fao-report-maps-pathways-towards-lower-livestock-emissions/es>
- FAO. (2024). Las turberas | REDD+ Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques. *Organización de las Naciones*

Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://www.fao.org/redd/areas-of-work/las-turberas/es/#:~:text=Una20turbera20es20un20C3A1rea,de20carbono20sobre20a20tierra>

FEDEMERAS. (2022). 15 nuevos bosques crecen en España resistentes a los incendios. *Federación Nacional de Industriales de la Madera*. Recuperado el 17 de marzo de 2024, de <https://fedemaderas.org.co/15-nuevos-bosques-crecen-en-espana-resistentes-a-los-incendios/>

Flórez, Z. (2023). Ganadería regenerativa como una alternativa productiva sostenible a través del pastoreo ultra alta densidad. [*Trabajo de Grado, Unilasallista Corporación Universitaria*]. Recuperado el 12 de enero de 2024, de <http://hdl.handle.net/10567/3461>

Friol, C. (2022). “Es el momento de que pongamos un precio al carbono que capturan los montes gallegos”. *Campo Galego*. Recuperado el 17 de marzo de 2024, de <https://www.campogalego.es/es-el-momento-de-que-pongamos-un-precio-al-carbono-que-capturan-los-montes-gallegos/>

Frisona Española. (2022). Realidad Ganadera: Proyecto “Life Green Sheep”: reducción de huella de carbono en ganadería ovina. *Revista Frisona*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.revistafrisona.com/Noticia/realidadganadera-proyecto-life-green-sheep-reduccion-de-huella-de-carbono-en-ganaderia-ovina>

Galatowitsch, S. (2009). Carbon Offsets as Ecological Restorations. *Restoration Ecology*, 17. Retrieved on March 6, 2024, from <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00587.x>

García-Serrano, P., Lucena, J., Nogales, M. & Ruano, S. (2010). Guía Práctica de la Fertilización Racional de los Cultivos en España. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*. Recuperado el 6 de marzo de 2024, de [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf)

Garrigues. (2013). Ley 21/2013 de evaluación ambiental. *Novedades Administrativo*. Garrigues. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de

https://www.garrigues.com/sites/default/files/docs/Novedades-Administrativo-7-2013_0.pdf

Gates, D. (1965). Energy exchange in the biosphere. New York, USA. *Harper & Row*, 151p.

Gil, J., & González, E. (2008). La agricultura de conservación. *Agricultura Familiar en España. Asociación Española de Agricultura de Conservación*, p. 142-152. Recuperado el 14 de enero de 2024, de https://www.upa.es/anuario_2008/pag_142-152_ribes.pdf

Gitz, V., & Ciais, P. (2004). Future Expansion of Agriculture and Pasture Acts to Amplify Atmospheric CO₂ Levels in Response to Fossil-Fuel and Land-Use Change Emissions. *Climatic Change*, 67, 161-184. Retrieved on March 4, 2024, from <https://doi.org/10.1007/S10584-004-0065-5>

Gómez, D., & Vásquez, M. (2011). Abonos orgánicos. Serie: Producción orgánica de hortalizas de clima templado. *PYMERURAL Y PRONAGRO*. Recuperado el 12 de enero de 2024, de <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/106/Manual%20de%20elaboracion%20de%20abono%20organico.pdf?sequence=1>

González, E., González, L., & Ortiz, C. (2016). Relación del uso del suelo, las prácticas agrícolas y la biodiversidad con la emisión de gases de efecto invernadero y la eficiencia energética en fincas agroecológicas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(1), 64-64. Recuperado el 10 de enero de 2024, de <https://ediciones.inca.edu.cu/files/congresos/2010/CDMemorias/memorias/ponencias/talleres/CGA/ra/CGA-P.05.pdf>

Guzmán, G. & Alonso, A. (s.f.). Buenas Prácticas en Producción Ecológica: Asociaciones y Rotaciones. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 12 de enero de 2024 de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/Asociaciones%20y%20Rotaciones_tcm30-101334.pdf

Hansen, J., Sato, M., Hearty, P., Ruedy, R., Kelley, M., Masson-Delmotte, V., Russell, G., Tselioudis, G., Cao, J., Rignot, E., Velicogna, I., Tormey, B., Donovan, B.,

- Kandiano, E., Schuckmann, K., Kharecha, P., Legrande, A., Bauer, M., & Lo, K. (2016). Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16, 3761-3812. Retrieved on February 24, 2024, from <https://doi.org/10.5194/acp-16-3761-2016>
- Hawkins, E., & Jones, P. (2013). On increasing global temperatures: 75 years after Callendar. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 139. Retrieved on February 29, 2024, from <https://doi.org/10.1002/qj.2178>
- Huerga, E., Navarro, S., Gil, J., Gardini, A., & Potosme, N. (2008). Estimación del secuestro de carbono en suelos bajo masas forestales de "Pinus halepensis" en Castilla y León (España). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (25), 125-130. Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4249249.pdf>
- Instituto de Investigación de la Dehesa. (2020). La Huella de Carbono en la Dehesa. La Dehesa como sistema de mitigación del cambio climático. Valoración y Análisis del Ciclo de Vida de los productos de la Dehesa. *Instituto de Investigación de la Dehesa*. Recuperado el 12 de enero de 2024, de <https://indehesa.unex.es/wp-content/uploads/2021/05/La-Huella-de-Carbono-en-la-dehesa.pdf>
- IPCC. (1996). Intergovernmental panel for climatic Change. Climate Change 1995. The science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel for Climate Change. *Houghton, J.T. (Ed.)*. Cambridge, United Kingdom. Cambridge.
- Iqbal, A., He, L., Ali, I., Ullah, S., Khan, A., Khan, A., Akhtar, K., Wei, S., Zhao, Q., Zhang, J., & Jiang, L. (2020). Manure combined with chemical fertilizer increases rice productivity by improving soil health, post-anthesis biomass yield, and nitrogen metabolism. *PLoS ONE*, 15. Retrieved on March 3, 2024, from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238934>
- Jiménez-Ferrer, G., Nahed, J. & Soto-Pinto, L. (2007). Agroforestería Pecuaria en Chiapas, México. *El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)*. Recuperado el 10 de enero de 2024, de https://www.researchgate.net/profile/Jose-Nahed-Toral/publication/351037489_Agroforesteria_Pecuaria_en_Chiapas_Mexico_Li

[vestock_Agroforestry_in_Chiapas_Mexico/links/608074012fb9097c0cfdd982/Agroforesteria-Pecuarria-en-Chiapas-Mexico-Livestock-Agroforestry-in-Chiapas-Mexico.pdf#page=35](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134621)

- Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*, 151 (2), 362-7. Retrieved on February 24, 2024, from <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2007.06.012>
- Klaaßen, L., Stoll, C. (2021). Harmonizing corporate carbon footprints. *Nature Communications*, 12. 6149. Retrieved on March 6, 2024, from <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26349-x>
- Lacasta, C. & Bello, A. (1989). Análisis de los factores limitantes en los agrosistemas de cereales. Su proyección en agricultura biológica. *Ponencias y comunicaciones del Congreso Internacional de Tecnologías Alternativas de Desarrollo*. SEA, MAPA: 34-39.
- Lal, R. (2021). Climate change and agriculture. *Climate Change*. Retrieved on February 29, 2024, from https://doi.org/10.1007/springerreference_60242
- Lenka, S., Lenka, N.K., Sejian, V., Mohanty, M. (2015). Contribution of Agriculture Sector to Climate Change. In: Sejian, V., Gaughan, J., Baumgard, L., Prasad, C. (eds) *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*. Springer, New Delhi. 37-48. Retrieved on March 4, 2024, from https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1_3
- Life Carbon Farming. (2023). The LIFE Programme. *Life Carbon Farming*. Retrieved on March 19, 2024, from <https://www.life-carbon-farming.eu/life-programme/>
- Life Green Sheep. (2022). LIFE GREEN SHEEP: for a low carbon and sustainable sheep farming. 1st EU Webinar. *Life Green Sheep*. Retrieved on March 7, 2024, from https://life-green-sheep.eu/wp-content/uploads/2022/10/LIFE_GREEN_SHEEP_EU_WEBINAR_20221003.pdf
- Liu, M., Xu, X., Jiang, Y., Huang, Q., Huo, Z., Liu, L., & Huang, G. (2019). Responses of crop growth and water productivity to climate change and agricultural water-saving in arid region. *The Science of the total environment*, 134621. Retrieved on March 2, 2024, from <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134621>

- Lobos, G., Vallejos, O., Caroca, C., & Marchant, C. (2005). El mercado de los bonos de carbono (“bonos verdes”): una revisión. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 1(1), 42. Recuperado el 11 de enero de 2024, de <https://www.academia.edu/download/91105705/10-44-1-PB.pdf>
- Malhi, G., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. *Sustainability*. Retrieved on March 3, 2024, from <https://doi.org/10.3390/SU13031318>
- Meco, R. & Lacasta, C. (2012). Beneficios de la rotación de cultivos herbáceos de secano en agricultura ecológica. *Dossier Agricultura Ecológica*, (346), 37-42. Recuperado el 12 de enero de 2024, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2012_346_37_42.pdf
- Merino, P., Ramirez-Fanlo, E., Arriaga, H., Hierro, O., Artetxe, A., & Viguria, M. (2011). Regional inventory of methane and nitrous oxide emission from ruminant livestock in the Basque Country. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 628-640. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de, <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2011.04.081>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.a). Información general del sector. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 2 de marzo de 2024, de <https://www.mapa.gob.es/en/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/forrajes/Informacion%20general%20del%20sector.aspx>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.b). Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Ayuda asociada a los ganaderos extensivos de ovino y caprino que pastan barbechos, rastrojeras o restos de cosecha hortícola, incluida la ganadería extensiva y semiextensiva sin pastos a su disposición. Justificación importancia del sector. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/ca/pac/pac-2023-2027/ayuda-asociada-sector-ovino-y-caprino-sin-pastos-justificacion-de-la-importancia-del-sector_tcm34-626850.pdf

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022a). Informe Anual de Indicadores de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/indicadores_2022_roboto_web_baja_resolucion_tcm30-666558.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022b). Características del sector ovino y caprino de leche en España (Datos Año 2022). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizacionovinoycaprinolechedatos2022_tcm30-562416.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022c). Política Agraria Común 2023-2027 ovino y caprino de leche. “Reunión Sectorial 1 de febrero de 2022”. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/220201_pac_sectorialovinoycaprinoleche_tcm30-614269.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023a). Ovino-caprino. Sector ovino y caprino en España. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/ovino-caprino/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023b). Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. El sector ovino y caprino de carne en cifras. Principales Indicadores Económicos. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicosdelsectortovinoycaprino_carne_2023a_tcm30-511496.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2014). Informe general sobre el Registro de huella, compensación y proyectos de absorción de CO₂. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/registro-huella/que_es_registro.html

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2015). Qué es el cambio climático. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Recuperado el 29 de febrero de 2024, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). Sumideros de carbono. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Recuperado el 6 de marzo de 2024, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/sumideros-de-carbono.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). Informe de inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero. España, Informe Inventarios GEI 1990-2021 (Edición 2023). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/es_nir_edicion2023_tcm30-560374.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). Inscripción en el Registro de huella, compensación y proyectos de absorción de CO2. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/registro-huella/inscripcion-registro.html>
- Muñoz, G. (1995). Gerardo Budowski: Promotor de la Agroforestería. *Agroforestería de las Américas*: 2-No. 7, pp 6-7. Recuperado el 12 de enero de 2024, de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6342>
- Murgueitio, E. (2005). Silvopastoral systems in the Neotropics. In: Mosquera MR, McAdam J, Rigueiro-Rodríguez A, editors. *International Silvopastoral and Sustainable Land Management*, Lugo (Spain): CAB Int. pp. 24-29. Retrieved on March 17, 2024, from <https://doi.org/10.1079/9781845930011.0024>
- Nair, P., Kumar, B., Kumar, B., & Nair, V. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 10-23. Retrieved on February 25, 2024, from <https://doi.org/10.1002/JPLN.200800030>

- National Geographic. (2010). Medio Ambiente: ¿Qué es el calentamiento global?. *National Geographic*. Recuperado el 29 de febrero de 2024, de https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global#header_16516181_0
- Navia, J. (2000). Agroforestería. *Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal*. Recuperado el 11 de enero de 2024, de <https://www.academia.edu/download/32876572/AGROFORESTERIA.PDF>
- Nespresso. (2023). Discover the AAA Sustainable Quality™ Program. *Nespresso*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.sustainability.nespresso.com/communities/aaa-sustainable-quality-program>
- Nestlé. (s.f.). Nestlé en cifras y sus resultados económicos. *Nestlé*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://empresa.nestle.es/es/sobre-nestle/nestle-en-espana/nestle-en-cifras>
- Nestlé. (2019). Agricultura Regenerativa. *Nestlé*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://empresa.nestle.es/es/cvc/iniciativas-globales/generation-regeneration/agricultura-regenerativa>
- Nestlé. (2022). Nestlé lanza Nescafé Plan 2030 para ayudar a impulsar la agricultura regenerativa, reducir las emisiones y mejorar los medios de vida de los agricultores. *Nestlé*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://empresa.nestle.es/es/sala-de-prensa/actualidad-nestle/nescafe-plan-2030>
- Nestlé. (2023a). Nestlé - Annual Review 2023. *Nestlé*. Retrieved on March 18, 2024, from <https://www.nestle.com/sites/default/files/2024-02/2023-annual-review-en.pdf>
- Nestlé. (2023b). Creating Shared Value and Sustainability Report 2023. *Nestlé*. Retrieved on March 18, 2024, from <https://www.nestle.com/sites/default/files/2024-02/creating-shared-value-sustainability-report-2023-en.pdf>
- Nestlé. (2023c). Resultados de Nestlé en España 2022. *Nestlé*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://empresa.nestle.es/es/sala-de-prensa/actualidad-nestle/resultados-ventas-2022>

- Newton, P., Schaap, B., Fournier, M., Cornwall, M., Rosenbach, D., DeBoer, J., Whittemore, J., Stock, R., Yoders, M., Brodnig, G., & Agrawal, A. (2015). Community forest management and REDD. *Forest Policy and Economics*, 56, 27-37. Retrieved on March 7, 2024, from <https://doi.org/10.1016/J.FORPOL.2015.03.008>
- Operación CO2. (2017). ¿De qué se trata el proyecto LIFE+ Operación CO2?. *Operación CO2*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://operacionco2.com/suspendisse-ac/>
- Ovalle, C. & Quiroz, M. (2021). Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable [en línea]. *La Cruz: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. N° 426. Recuperado el 16 de marzo de 2024, de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67616>
- Pandey, R., Hom, S., Harrison, S., & Yadav, V. (2016). Mitigation potential of important farm and forest trees: a potentiality for clean development mechanism afforestation reforestation (CDM A R) project and reducing emissions from deforestation and degradation, along with conservation and enhancement of carbon stocks (REDD+). *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21, 225-232. Retrieved on March 7, 2024, from <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9591-2>
- Pattnaik, R., Sethi, K., & Das, D. (2020). Soil carbon sequestration through various agronomic practices: A way to mitigate climate change impacts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9, 755-761. Retrieved on January 7, 2024, from <https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue6/PartK/9-6-32-797.pdf>
- Reicosky, D. C., & Saxton, K. (2007). Reducción de las emisiones ambientales y secuestro de carbono. *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación*. Zaragoza, Spain: Editorial ACRIBIA, 311-324. Recuperado el 14 de enero de 2024, de <https://www.fao.org/3/al298s/al298s05.pdf>
- Reyes-Palomo, C., Aguilera, E., Llorente, M., Díaz-Gaona, C., Moreno, G., & Rodríguez-Estévez, V. (2022). *Carbon sequestration offsets a large share of GHG emissions*

- in dehesa cattle production*. *Journal of Cleaner Production*, 358, 131918. Retrieved on March 7, 2024, from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131918>
- Rodale Institute. (2020). Pasto rotacional. ¿Qué es el pastoreo rotacional?. *Rodale Institute*. Recuperado el 17 de marzo de 2024, de <https://rodaleinstitute.org/es/why-organic/organic-farming-practices/rotational-grazing/>
- Sagarna, J. (2024). ¿Qué se ha acordado en Europa respecto a los certificados de carbono y cómo puede afectar a la agricultura española?. *Euroganadería.eu*. Recuperado el 15 de marzo de 2024, de https://www.euroganaderia.eu/ganaderia/euroganaderia/que-se-ha-acordado-en-europa-respecto-a-los-certificados-de-carbono-y-como-puede-afectar-a-la-agricultura-espanola_12779_0_0_0_1_145821_7390503937908_in.html
- Savory, A. & Butterfield, J. (2016). *Holistic management: a commonsense revolution to restore our environment* (3a ed.). *Island Press*. Washington, D.C.
- Selin, N. (2024). Carbon sequestration. *Encyclopaedia Britannica*. Retrieved on March 10, 2024, from <https://www.britannica.com/technology/carbon-sequestration>
- Servimedia. (2023). Bank of Climate se apoya en Verra y BeZero Carbon para avanzar en descarbonización. *Diario de Sevilla*. Recuperado el 8 de marzo de 2024, de https://www.diariodesevilla.es/empresas-al-dia/Bank-Climate-Verra-BeZero-Carbon_0_1854116529.html
- Shakoor, A., Ashraf, F., Shakoor, S., Mustafa, A., Rehman, A., & Altaf, M. (2020). Biogeochemical transformation of greenhouse gas emissions from terrestrial to atmospheric environment and potential feedback to climate forcing. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 38513 - 38536. Retrieved on February 24, 2024, from <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10151-1>
- Sharma, M., Kaushal, R., Kaushik, P., & Ramakrishna, S. (2021). Carbon Farming: Prospects and Challenges. *Sustainability*. Retrieved on March 12, 2024, from <https://doi.org/10.20944/preprints202108.0496.v1>

- Silva-Pando, F., & Rozados, M. (2002). Agroforestería, prácticas agroforestales, uso múltiple: una definición un concepto. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (14), 9-22. Recuperado el 12 de enero de 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2975988.pdf>
- Solorio, F. (2022). Proyecto “La ganadería regenerativa como herramienta para la conservación de la biodiversidad (GANARE)”. *Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C.* Recuperado el 10 de enero de 2024, de <https://fmcn.org/uploads/publication/file/pdf/GANARE/Informe%20Final%20FMCN%20Programa%20de%20Formacion%20julio%202022.pdf>
- Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: definiciones y procesos. In Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. *Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura*. Costa Rica, CATIE, UCR.
- Soto, G., & Meléndez, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, CATIE, No. 72 p. 91-97. Recuperado el 18 de febrero de 2024, de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5911>
- Statista. (2023). Evolución del consumo de carne fresca de ovino y caprino en los hogares españoles entre 2011 y 2022. *Statista*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://es.statista.com/estadisticas/492148/consumo-de-carne-ovina-y-caprina-fresca-en-el-hogar-espana/>
- Teague, R., & Kreuter, U. (2020). Managing Grazing to Restore Soil Health, Ecosystem Function, and Ecosystem Services, 4. *Frontiers*. Retrieved on February 26, 2024, from <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.534187>
- Teague, W., Apfelbaum, S., Lal, R., Kreuter, U., Rowntree, J., Davies, C., Conser, R., Rasmussen, M., Hatfeld, J., Wang, T., Wang, F., & Byck, P. (2016). The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71, 156 - 164. Retrieved on March 3, 2024, from <https://doi.org/10.2489/jswc.71.2.156>
- UNFCCC. (2020a). ¿Qué es el Protocolo de Kyoto?. *UNFCCC*. Recuperado el 8 de marzo de 2024, de https://unfccc.int/es/kyoto_protocol

- UNFCCC. (2020b). The Clean Development Mechanism. *UNFCCC*. Retrieved on March 7, 2024, from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism>
- UNFCCC. (2020c). El Acuerdo de París. *UNFCCC*. Recuperado el 8 de marzo de 2024, de, <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- Unión Europea. Directiva (UE). (2009). DIRECTIVA 2009/31/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono y por la que se modifican la Directiva 85/337/CEE del Consejo, las Directivas 2000/60/CE, 2001/80/CE, 2004/35/CE, 2006/12/CE, 2008/1/CE y el Reglamento (CE) no 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo. *BOE*. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <https://www.boe.es/doue/2009/140/L00114-00135.pdf>
- Universidad Complutense Madrid. (s.f.). Servicios ecosistémicos. *UCM*. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://www.ucm.es/sostenibilidad/servicios-ecosistemicos>
- VERRA. (2024). Verified Carbon Standard. Program Overview. *VERRA*. Retrieved on March 8, 2024, from <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/>
- Virosta, J. (2020). ¿Que son las CFP y cómo se clasifica cada tipo de enmienda? *Sinergis*. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de [https://sinergis.es/2020/04/13/que-son-las-cfp-y-como-se-clasifica-cada-tipo-de-enmienda/#:~:text=CFP%20%3A%20Enmienda%20caliza,\)%20o%20magnesi o%20\(Mg\)](https://sinergis.es/2020/04/13/que-son-las-cfp-y-como-se-clasifica-cada-tipo-de-enmienda/#:~:text=CFP%20%3A%20Enmienda%20caliza,)%20o%20magnesi o%20(Mg))
- Voisin, A., & Lecomte, A. (1962). Rational grazing: the meeting of cow and grass. A manual of grass productivity. *Crosby Lockwood & Son*, London, United Kingdom.
- Watts, R. (2007). Global Warming and the Future of the Earth. Synthesis Lectures on Renewable Energy Technologies. *Springer International Publishing*. VI, 113. Retrieved on February 24, 2024, from <https://doi.org/10.2200/S00098ED1V01Y200709EGY001>

Wu, G., Chen, X., Ling, J., Li, F., Li, F., Peixoto, L., Wen, Y., & Zhou, S. (2020). Effects of soil warming and increased precipitation on greenhouse gas fluxes in spring maize seasons in the North China Plain. *The Science of the total environment*, 734, 139269. Retrieved on February 26, 2024, from <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139269>