

Resumen

Un cuarto del total de las emisiones antropogénicas de los GEI provienen del sector AFOLU, principalmente de la deforestación, la ganadería y el uso de fertilizantes. El sector LULUCF es responsable del secuestro del 30 por 100 del total de las emisiones. El reciente informe sobre cambio climático y usos de la tierra del IPCC indica que las medidas de mitigación en el sector AFOLU pueden tener un papel importante, además de proveer de otros servicios ecosistémicos. Las emisiones de la agricultura entre 1990 y 2014 están entre el 9 y el 11,6 por 100 del total de los países de la UE-28, mientras el secuestro neto del sector LULUCF se ha ido incrementando hasta llegar a un 11,8 por 100 de las emisiones. Comprender los factores que determinan estas tendencias es importante para determinar las medidas más adecuadas en el contexto de la UE y en España. Es cada vez más urgente que las estrategias de mitigación y adaptación que competen al sector se desarrollen de forma conjunta a nivel europeo, así como los cobeneficios en otros ámbitos. Siendo particularmente importante en los países como España, particularmente vulnerable al cambio climático, e incluso estar sujeto a impactos que reviertan gran parte del carbono secuestrado a la atmósfera.

Palabras clave: agricultura, LULUCF, AFOLU, sumidero de carbono, mitigación cambio climático.

Abstract

A quarter of total anthropogenic greenhouse gas emissions come from the AFOLU sector, mainly from deforestation, livestock and fertilizer application. The LULUCF sector is responsible for the kidnapping of 30% of total emissions. The recent IPCC report on climate change and land uses indicates that with proper management the means of reducing emissions and carbon sequestration in the AFOLU sector can play an important mitigating role, and to provide other eco-system services. Emissions from Agriculture (1990-2014) varied between 9 and 11.6% of the total net emissions of the EU 28, while the LULUCF sink has been increased up to 11.8% of the total emissions. Understanding the factors that determine these trends is important to select most appropriate measures to enhance the contribution of the sector to mitigation in the context of the EU and in Spain. It is urgent that mitigation and adaptation strategies that fall within the sector are not developed independently at European level, and that possible co-benefits in other areas be considered. This is particularly important in southern European countries such as Spain, where the sector may be vulnerable to climate change, and even be subject to impacts that reverse much of the sequestered carbon into the atmosphere.

Keywords: Agriculture, LULUCF, AFOLU, carbon sinks, climate change mitigation.

JEL classification: Q15, Q40, Q54.

CAMBIO CLIMÁTICO, AGRICULTURA Y USO DE LA TIERRA

María José SANZ-SÁNCHEZ (*)

Itxaso RUIZ URIARTE

Basque Centre for Climate Change

I. INTRODUCCIÓN

PARA poder comprender sobre qué estamos hablando cuando consideramos el «sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra» (ASOUT o AFOLU, por sus siglas en inglés) y su papel en un contexto de cambio climático, debemos entender, en primer lugar, que los ecosistemas terrestres tienen la capacidad no solo de emitir dióxido de carbono (CO₂), sino que además pueden secuestrarlo. Este balance entre secuestro y emisión, por regla general, resulta en un secuestro neto positivo que ha llevado a una acumulación de carbono en la biomasa viva (aérea y raíces), biomasa muerta (madera muerta, mantillo) y la materia orgánica en el suelo.

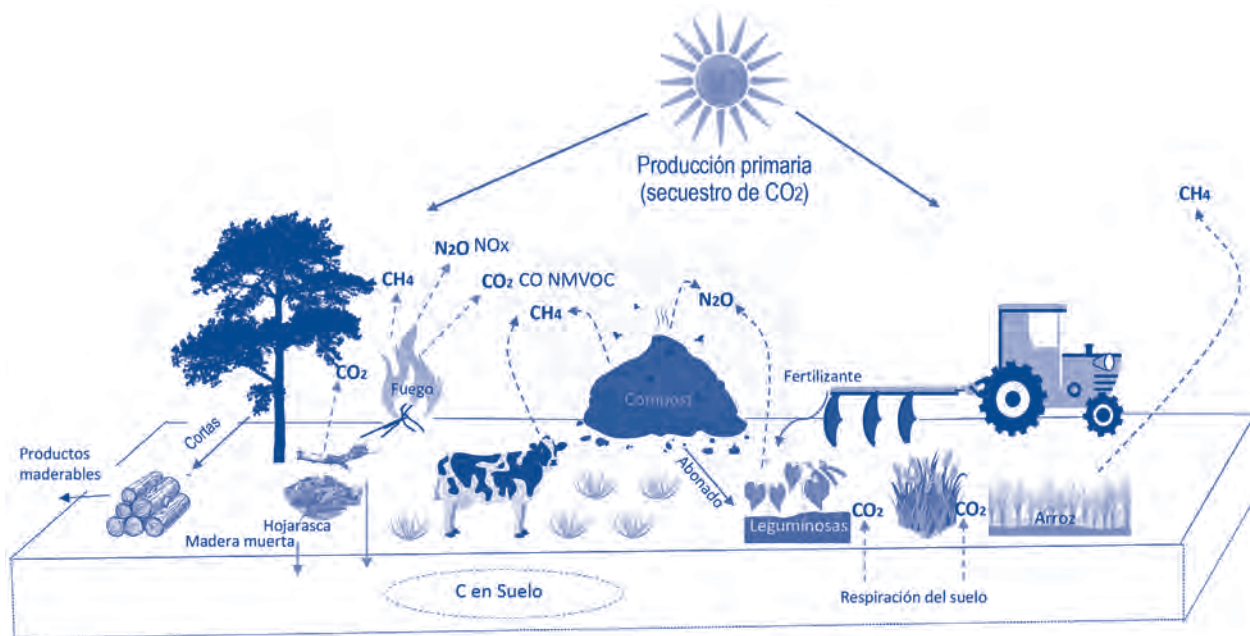
Aproximadamente, en los suelos y la biomasa se almacena cuatro veces más carbono, incluidos los bosques, que en la atmósfera misma (Lal, 2004). El balance entre secuestro y emisión neta de CO₂ depende de cómo se gestionan estos ecosistemas, por ejemplo, si los hacemos desaparecer, si los protegemos o los mejoramos. Por esta razón, se pensó que una forma de mitigar el cambio climático podía ser detener algunas de las emisiones derivadas de la gestión o desaparición de algunos ecosistemas, restaurar los degradados o bien incrementar su capacidad de sumidero de carbono.

El uso y la gestión de la tierra tiene su influencia sobre una diversidad de procesos del ecosistema que afectan a los flujos de los gases de efecto invernadero (figura 1), tales como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la quema de biomasa (por ejemplo, por fuegos forestales, quemadas de rastrojos, etc.). Estos procesos incluyen transformaciones del carbono y del nitrógeno provocadas por los procesos biológicos (actividad de microorganismos, plantas y animales) y físicos (combustión, lixiviación, etcétera).

II. ¿CÓMO DEFINIMOS ESTE SECTOR EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Cuando consideramos las emisiones del sector AFOLU en el contexto de los compromisos de reducción neta de las emisiones de gases de efecto invernadero en el contexto de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMCCNU o UNFCCC, por sus siglas en inglés) incluyen las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) (figura 2) tal y como se describen en las *Guías para Inventarios de los GEI* del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (IPCC, 2006).

FIGURA 1
PRINCIPALES EMISIONES Y SECUESTRO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ECOSISTEMAS MANEJADOS



Fuente: Adaptado de IPCC, 2006.

Además de las emisiones y las absorciones de CO₂ derivadas de las ganancias y las pérdidas en los depósitos del sector «Usos de la Tierra, Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura» (USCUTS y LULUCF, por sus siglas en inglés) y las seis clasificaciones del uso de la tierra que se plantearon anteriormente, existen *prácticas agrícolas* adicionales en las fincas, tales como la quema de residuos agrícolas, la aplicación de fertilizantes, el cultivo de arroz y las actividades relativas al ganado (fermentación entérica y gestión de estiércol), que generan emisiones, principalmente de metano y óxido nitroso (Figura 1). Estas emisiones se incluyeron bajo el sector «Agricultura» en la versión revisada de 1996 de las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* y en la *Orientación del IPCC sobre bue-*

nas prácticas, en vez de hacerlo bajo el LULUCF. Asimismo, existen emisiones relacionadas con la quema de combustibles (por ejemplo, las generadas por maquinaria y por el transporte de productos agrícolas y forestales), pero estas se tratan bajo el sector de «Energía». Así pues, en el

caso del subsector «Agricultura» solo se producen emisiones que pueden ser de CO₂, óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y precursores (CO, NMVOC, NO_x), mientras que en el subsector LULUCF se pueden producir emisiones y secuestro de CO₂.

FIGURA 2
CATEGORÍAS DEL SECTOR DE LA «AGRICULTURA, BOSQUES Y OTROS USOS DE LA TIERRA» EN EL CONTEXTO DE LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



Fuente: IPCC (2006).

Es importante, por último, aclarar que, anteriormente se consideraba la «Agricultura» y *LULUCF* como sectores separados. El IPCC lo fusionó en uno solo, *AFOLU*, en sus *Guías para Inventarios de GEI 2006*. No obstante, se siguen reportando como separados a la Convención aún hoy en día por considerar algunas partes que aquellas categorías que solo podían resultar en emisiones («Agricultura», figura 2) no debían considerarse con las que podían resultar en emisiones y sumideros (*LULUCF*, figura 2).

III. EL SECTOR Y SU PAPEL A NIVEL GLOBAL

Se estima que una cuarta parte del total de las emisiones antropogénicas de los gases de efecto invernadero (GEI) provienen del sector *AFOLU*, principalmente de la deforestación, las emisiones del ganado y la aplicación de fertilizantes en los suelos (Smith *et al.*, 2014; Tubiello *et al.*, 2015). Pero globalmente, el sector *LULUCF* también es responsable del secuestro de CO_2 , que se ha estimado que entre 2008-2017 fue de aproximadamente el 30 por 100 del total de las emisiones antropogénicas (Le Quere *et al.*, 2018). Este sumidero se ha visto incrementado recientemente respecto al pasado debido al efecto indirecto del cambio climático con el incremento del CO_2 en la atmósfera (que tiene un efecto fertilizante), la prolongación de las estaciones de crecimiento por el aumento de la temperatura en geográficas más frías, o a la regeneración de los bosques por el abandono de otros usos como la agricultura en regiones como Europa (Le Quéré *et al.*, 2018; Ciais *et al.*, 2013). Aunque la persistencia de este sumidero en el futuro es una

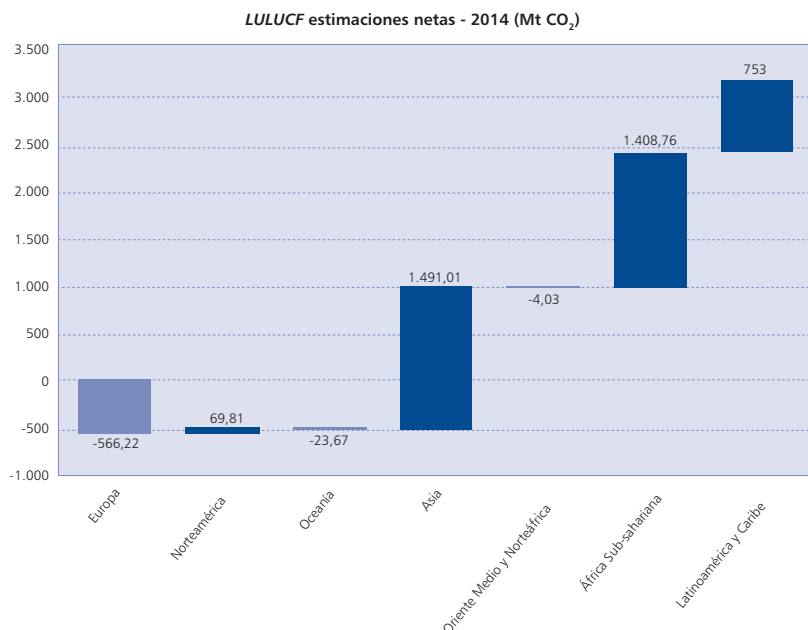
de las grandes incógnitas con las que nos enfrentamos, podría saturarse o fácilmente revertirse si se agravan los impactos del cambio climático. Un ejemplo de estos impactos son los incendios cada vez más frecuentes (por ejemplo, en Australia o los trópicos) o la plaga de barrenadores del pino que ha atacado ya más de 3,74 millones de bosque en Canadá (Kurz *et al.*, 2008). Además, los cambios resultantes de uso de la tierra pueden cambiar las propiedades de la superficie terrestre, cambio de albedo por ejemplo y resultar en un enfriamiento o mayor calentamiento (Alkama y Cescatti, 2016).

Como ejemplo de la distribución regional de las emisiones netas del sector *LULUCF* a nivel global, en 2014 fueron de 3.146,5 Mt CO_2 (gráfico1) siendo

la Europa de los 28 un sumidero neto de -428,8 Mt CO_2 . Lo que nos indica que a nivel global existe todavía mucho potencial para la reducción de emisiones, y en algunas regiones se observan incluso emisiones negativas.

El reciente informe especial sobre cambio climático y usos de la tierra del IPCC (2019) indica que con una gestión adecuada de las medias de reducción de emisiones y secuestro de carbono en el sector *AFOLU* pueden tener un papel importante en la mitigación del cambio climático, así como en la protección de otros servicios ecosistémicos como la biodiversidad. En algunos estudios recientes considerando 20 acciones de conservación, restauración y mejora de la gestión de la tierra que aumentan el almacenamiento de car-

GRÁFICO 1
EMISIONES NETAS DEL SECTOR *LULUCF* (Mt CO_2e) POR REGIONES GEOGRÁFICAS EN 2014



Fuente: Elaboración propia.

bono y/o evitan las emisiones de gases de efecto invernadero en los bosques, humedales, praderas y tierras agrícolas del mundo estiman que el potencial máximo de estas, cuando está limitado por la seguridad alimentaria, la seguridad de la fibra y la conservación de la biodiversidad, es de 23,8 Gt CO_{2e} año⁻¹ en 2030 (Griscom *et al.*, 2017).

Dada la complejidad y las características del sector, estas expectativas de mitigación hay que tomarlas como lo que son, estimaciones globales realizadas bajo supuestos relativamente simplistas que no tienen en cuenta el posible agravamiento de los impactos del cambio climático sobre estos ecosistemas o la complejidad de las barreras ambientales y socioeconómicas para la implementación de estas medidas en todos los ámbitos geográficos en los que las localizan. Hay pues que tomarlas con cierta cautela, sobre todo si se utilizan como una excusa para no hacer esfuerzos urgentes y necesarios para reducir las emisiones en otros sectores.

De forma novedosa, en el reciente informe del IPCC (2019) se incorporan no solo medidas desde el punto de vista de la gestión o uso de la tierra, se incluyen medidas o acciones que implican cambios en la cadena de producción y la demanda (por ejemplo, cambios en las dietas, reducción de los desperdicios) o en la gestión del riesgo (propiedad de la tierra, seguros agrarios, etc.). Esto permite considerar opciones más integradas y las interrelaciones entre la mitigación, la desertificación y degradación, y la seguridad en el suministro de alimentos, y otros posibles beneficios o *trade-offs*; lo que supone un avance respec-

to como se han venido considerando las acciones para mitigar en este sector. Y permite que los actores competentes a diferentes escalas y contextos tengan más información para considerar su complejidad e implicaciones.

IV. BREVE HISTORIA DEL SECTOR EN EL CONTEXTO DE LAS NEGOCIACIONES MULTILATERALES

Es importante señalar que el tema de los sumideros de carbono terrestres, es decir, las emisiones y secuestro de gases de efecto invernadero en el sector *LULUCF* y la «Agricultura» (1) ha sido uno de los temas más polémicos y difíciles en la negociación internacional sobre el cambio climático en estas últimas décadas. La deforestación se ha considerado un problema medioambiental desde hace tiempo. El primer esfuerzo global para la consideración de la forestación tuvo lugar en la Conferencia Ministerial de Nordwijk de 1989, una de las primeras reuniones de política global sobre cambio climático (The Noordwijk Ministerial Declaration on climate change, 1989) (2). En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Río de Janeiro en 1992, aunque no se consiguió el objetivo de negociar una convención forestal, los sumideros de carbono terrestres se consideraron en el marco de la *UNFCCC* como parte de los posibles esfuerzos de mitigación del cambio climático. En la Convención se define el término sumidero, pero no se indica cómo estos sumideros se deben contabilizar por lo que la reglas o espe-

cificidades de contabilización se ha determinado dentro de cada uno de los instrumentos de la Convención (su Protocolo de Kioto y su Acuerdo de París).

Ya en los comienzos de la negociación del texto del Protocolo de Kioto en base al Mandato de Berlín en la tercera Conferencia de las Partes (COP3) se observaron importantes divergencias entre los países sobre la consideración de los sumideros de carbono en el contexto de sus objetivos de reducción y limitación de emisiones (*QELROs*, por sus siglas en inglés). Muchos de los países incluyeron el uso de los sumideros en la elaboración de sus *QELRO*. Y algunas partes preferían que los sumideros y las fuentes de emisiones fuesen tratados por igual, en particular los países más desarrollados y en aquel entonces mayores emisores, mientras que otras, en particular los que iban a verse más afectados por los impactos del cambio climático como las pequeñas islas del Pacífico, propusieron enfoques alternativos para tratar los sumideros que permitieran mantener la integridad ambiental y ambición de los *QELRO*. La Unión Europea mantuvo una postura alineada con aquellos que promovieron la integridad ambiental en el uso de los sumideros.

¿Por qué era tan importante este debate? Si los sumideros de carbono (el sector *LULUCF*) se trataban como los demás sectores, teniendo en cuenta su potencial magnitud y lo poco que sabíamos de su carácter natural o antropogénico, las incertidumbres asociadas a los cálculos y la posibilidad de que

no se pudiera garantizar la permanencia del carbono secuestrado en los ecosistemas terrestres (en sus diferentes reservorios: biomasa aérea y subterránea, carbono orgánico en los suelos, hojarasca y madera muerta), su uso podría suponer la inacción en las reducciones de emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles. Se podía minar de esta forma el verdadero objetivo del Protocolo y de la misma Convención. Aunque el Protocolo estableció tres mecanismos de flexibilidad para facilitar a los países del Anexo I la consecución de sus objetivos de mitigación, esto es el Comercio de Emisiones, el Mecanismo de Desarrollo Limpio y el Mecanismo de Aplicación Conjunta, como instrumentos de carácter complementario a las medidas y políticas internas que constituyen la base fundamental del cumplimiento de los compromisos bajo el Protocolo de Kioto. Al final se optó también por la inclusión de los sumideros en el Protocolo de Kioto con un tratamiento diferenciado y restringido para aliviar estas preocupaciones, a la par que acomodar las exigencias de algunos grandes emisores en cuanto a flexibilizar sus sendas de cumplimiento. Esto supuso en la COP3 la inclusión del artículo 3 párrafo 3 y 4 del Protocolo de Kioto, en el último momento, así como de ciertas actividades en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (artículo 12) en forma únicamente de proyectos de aforestación y reforestación en el ámbito de los bosques.

En el Protocolo de 1997 se acordó de forma vinculante que cada país del «Anexo I de la Convención» (países desarrollados y con economías en transición de mercado) se

comprometía a reducir sus emisiones de gases regulados (CO_2 , CH_4 , N_2O y tres tipos de gases fluorados) en un 5 por 100 como mínimo de forma colectiva, este esfuerzo se repartía en los *QELRO* individuales. La negociación de sus reglas de implementación se prolongó hasta poco antes de su entrada en vigor en 2005, siendo uno de los temas más contenciosos las modalidades y reglas para la contabilidad del sector *LULUCF*. Por ello, no todo lo que se secuestra como consecuencia de estas actividades se puede contabilizar para cumplir los *QELRO*. Las normas de contabilización del Protocolo de Kioto establecen que solo aquellas absorciones producidas por actividades realizadas desde 1990 (3), directamente inducidas por el hombre y, ante todo, verificables, pueden ser contabilizadas, y solo se contabilizarán las absorciones producidas por estas actividades entre 2008 y 2012, es decir, no se contabiliza el carbono almacenado, sino que se contabiliza el aumento de carbono absorbido que cumple con los requisitos que establece el Protocolo, durante el período de compromiso.

El Acuerdo de París, adoptado en 2014, constituye el instrumento que representa un progreso en el reconocimiento de la urgencia de acción y la insuficiencia del Protocolo de Kioto para abordarla. En él todas las partes de la Convención que lo han ratificado reconocen la necesidad de contribuir a la mitigación del cambio climático de forma transparente en concordancia con sus posibilidades de ambición creciente. Esto se hace a través de las llamadas Contribuciones Nacionales Determinadas (*NDCs*, por sus siglas

en inglés). De los 190 países que enviaron sus primeras *NDCs*, un 61 por 100 incluyeron el sector *LULUCF* de una forma u otra, incluyéndolo en su objetivo absoluto cuantitativo relativo a un año base o una proyección del escenario *bussines as usual* o de forma separada a los otros sectores (Herold *et al.*, 2018). Sin embargo, son muy pocos los que aclaran o dan detalles de cómo van a contabilizar este sector. Durante las negociaciones de las reglas del Marco de Transparencia de acuerdo con el artículo 13 del Acuerdo, que concluyeron en la COP24 en Katowice (4), se discutió la posibilidad de introducir reglas específicas para el sector que quedaron en tres requerimientos de proporcionar información específica de cómo se utilizan las directrices del IPCC relevantes: si se consideran las emisiones y absorciones subsiguientes de las perturbaciones naturales en tierras bajo manejo; si se atienden los efectos de las clases de edad en bosques; y si se contabilizan los productos maderables cosechados.

Suponiendo la implementación completa de los *NDC* enviados por las partes, el sector *LUUCF* emerge como un componente clave que pasa globalmente de una fuente antropogénica neta durante 1990–2010 ($1,3 \pm 1,1 \text{ Gt CO}_2\text{e año}^{-1}$) a un sumidero neto de carbono para 2030 (hasta $-1,1 \pm 0,5 \text{ Gt CO}_2\text{e año}^{-1}$), y proporcionando casi una cuarta parte de las reducciones de emisiones planificadas por los países (Grassi *et al.*, 2017) en sus *NDC*.

V. EL SECTOR AFOLU EN LA UNIÓN EUROPEA

En 2017, las emisiones de gases de efecto invernadero agregadas en la UE-28 son un 22 por 100 menores en comparación con los niveles de 1990 (5), lo que representa una reducción absoluta de 1.240 Mt CO_{2e} (6), poniendo a la Unión Europea (UE) en el camino de superar su objetivo de 2020, que es reducir emisiones de GEI en un 20 por 100 para 2020 si se mantiene esta tendencia. España, en 2017, ha contribuido a reducir un 8 por 100 de las emisiones de la UE-28.

La agricultura y la gestión de la tierra en general han desempeñado un papel en la mitigación del cambio climático en la UE. Las emisiones del sector «Agricultura» en 2014 representaron un 11,6 por 100 del total de emisiones agregadas de la UE-28, mientras que las emisiones del sector AFOLU fueron prácticamente nulas (un sumidero de 8,7 Mt CO_{2e}). Las emisiones de la agricultura entre 1990 y 2014 (gráfico 2) han variado entre el 9 y el 11,6 por 100 del total de emisiones netas de la UE-28, mientras el secuestro neto del sector LULUCF se ha ido incrementando paulatinamente hasta llegar a secuestrar un 11,8 de las emisiones (6,3-11,8 por 100).

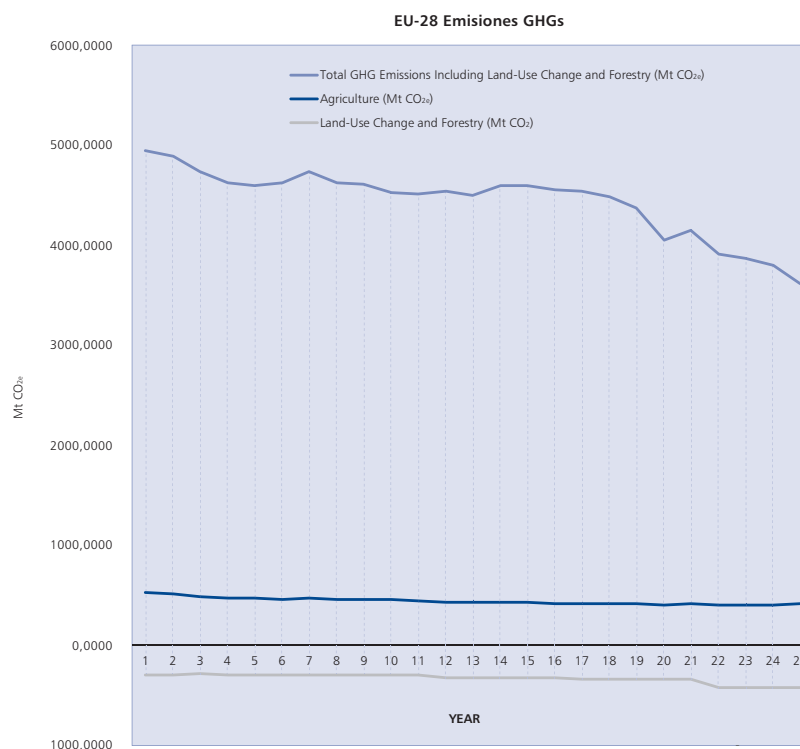
Las principales opciones de mitigación para el sector AFOLU en la UE se centran en: reducir o evitar las emisiones de N₂O de los suelos y el drenaje; Reducir las emisiones de CH₄ y N₂O del almacenamiento, procesamiento y aplicación de estiércol; reducción de las emisiones entéricas de CH₄ del manejo del ganado; evitar o reducir las emisiones de CO₂ del uso de la tierra y los suelos mediante el secuestro de carbono

y la prevención de su liberación; reducir las emisiones de CO₂ del uso de maquinaria y el uso de energía en las granjas; reducción de las emisiones indirectas de CO₂ de la producción de fertilizantes. Muchas de estas opciones también abordan directa o indirectamente las necesidades de adaptación. Por ejemplo, la práctica de la agrosilvicultura aumenta la biomasa aérea y subterránea, lo que puede ayudar a aumentar el secuestro de carbono y reducir las emisiones de CO₂. Además, los beneficios de la adaptación de esta práctica incluyen la reducción de la erosión del suelo debido a las lluvias intensas como consecuencia de los sistemas de raíces, y la estructura mejorada del suelo para la infiltración del

agua, lo que contribuye a la prevención de inundaciones. Una mejor capacidad de retención de agua en el suelo también puede ayudar con la mitigación de la sequía. En general, la mayoría de las acciones de adaptación tienen un impacto positivo en la mitigación, mientras que algunas prácticas de mitigación también pueden tener efectos adversos en los objetivos de adaptación.

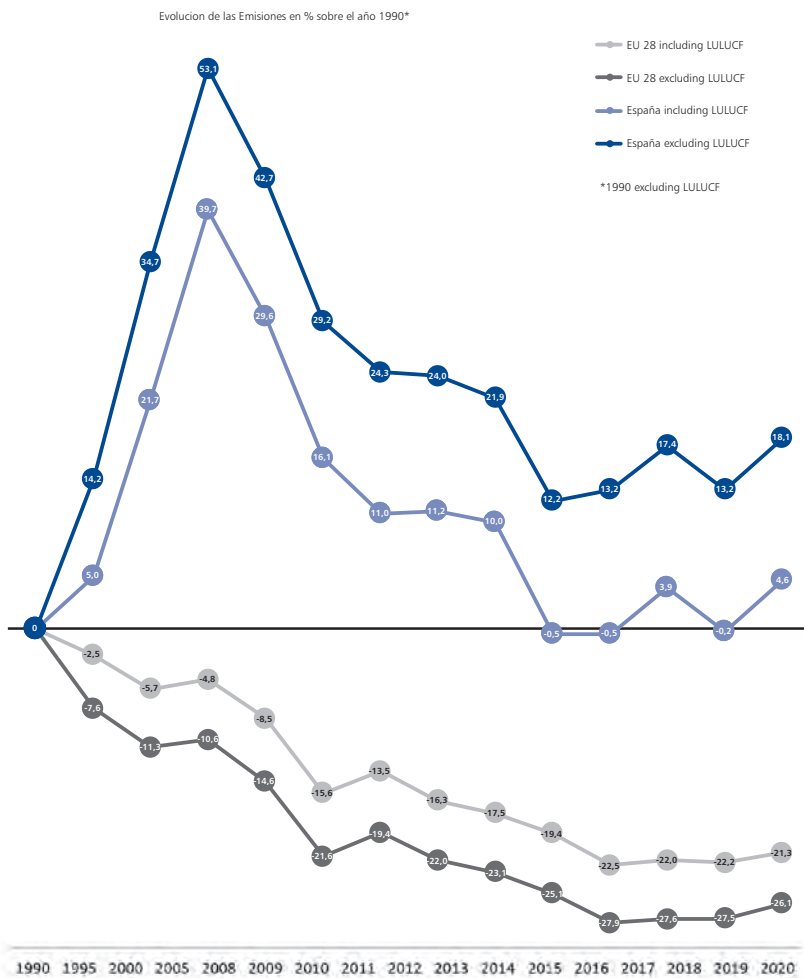
Ya existen varios instrumentos de política en la UE que pueden brindar apoyo para la implementación de opciones de mitigación en la agricultura, sobre todo la política agrícola común (PAC), la Directiva de nitratos, la Directiva marco del agua y la Estrategia temática para la protección del

GRÁFICO 2
EMISIONES DE LA UE-28 (Mt CO_{2e}) PARA LA SERIE TEMPORAL 1990-2014
DEL SECTOR LULUCF, AGRICULTURA Y EL TOTAL DE EMISIONES



Fuente: CAIT Data sets, WRI.

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES TOTALES O BRUTAS Y LAS NETAS,
CUANDO SE INCLUYE EL SECTOR LULUCF, EN PORCENTAJE RESPECTO
A LAS DEL AÑO 1990 EXCLUYENDO EL SECTOR LULUCF (SEGÚN LO
REPORTADO EN EL INVENTARIO DE GEI DEL AÑO 2017)



Fuentes: NIR UE (EEA, 2019), NIR España (MITECO, 2019).

suelo. La combinación específica de opciones apropiadas y rentables variará según el tipo de sistema agrícola.

En lo que respecta a la mitigación, la UE ha optado por el uso del sector *LULUCF* a través del primer y segundo período de compromiso del Protocolo de Kioto según las reglas acordadas por la CMNUCC. Hasta el momento, como se ha mencionado

anteriormente, el sector *LULUCF* presenta un secuestro neto que se encuentra alrededor del 11 por 100 de las emisiones totales.

En el gráfico 3 se presenta la evolución de las emisiones totales o brutas y las netas, cuando se incluye el sector *LULUCF*, en porcentaje respecto a las del año 1990 excluyendo el sector *LULUCF* (7). Esto nos permite ilustrar la inclusión o no del sec-

tor afecta la evolución de la serie temporal de las emisiones en la UE-28 y en España. El secuestro de carbono en el ámbito del sector tiene una notable influencia a lo largo de la serie temporal; es importante recordar que solo una parte de estas absorciones de CO₂ se han podido contabilizar en el ámbito del Protocolo de Kioto en sus dos períodos de compromiso según han sido implementados por la UE en base a las decisiones de las CMNUCC.

Es por ello que la UE ha revisado en su reglamento *LULUCF* 2018 (8) las reglas que aplican al sector *LULUCF* a partir de 2020. El reglamento establece por primera vez un objetivo propio en el período 2021-2030 para el sector *LULUCF*, la denominada «deuda cero», que implica que el sector en ningún caso podrá ser emisor de gases de efecto invernadero, es decir, las absorciones deberán ser mayores o iguales que las emisiones, y cuyo incumplimiento puede ser penalizado. Para comprobar el cumplimiento de tal objetivo, el reglamento define unas normas de contabilización para cada tipo de uso de la tierra. Los tipos de uso de la tierra que se tienen en cuenta para ello son las tierras forestadas, tierras deforestadas, cultivos gestionados, pastos gestionados y tierras forestales gestionadas. A partir de 2026 se considerarán también los humedales gestionados.

Así pues, el compromiso establecido supone que las emisiones (contabilizadas con signo positivo) no excederán a las absorciones (contabilizadas con signo negativo), para el conjunto de las tierras definidas, y para dos subperíodos de compromiso establecidos (2021-2025 y 2026-2030). Además, el reglamento establece un sistema

de flexibilidad mediante el cual las absorciones «sobrantes» de determinados tipos de tierra (9) podrían utilizarse para compensar las emisiones de los sectores difusos, y por tanto contribuir al cumplimiento de los objetivos de reducción de los mismos sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París de al menos el 40 por 100 de las emisiones respecto a 1990 en el período 2021-2030.

Si bien las absorciones y emisiones de las tierras forestadas y deforestadas se contabilizarán íntegramente, para las tierras forestales gestionadas establece que solo podrán utilizarse a efectos de contabilidad aquellas absorciones que sobrepasen un «Nivel de Referencia» preestablecido y calculado expresamente para cada Estado miembro se presentaron a la Comisión en 2018 (10). El fin del nivel de referencia estatal (*forest reference level, FRL*) es que las absorciones que se producen en los bosques *per se* no sean tenidas en cuenta para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones nacionales. Solo las absorciones consecuencia de una mejor gestión, que sean superiores a las proyectadas por el *FRL*, se podrán computar para la consecución de los objetivos. Una vez cumplido el objetivo de deuda 0, si sobran absorciones atribuibles a las categorías de tierras consideradas excepto las tierras forestales gestionadas (que se encuentran limitadas por el *FRL*), estas podrán ser transferidas para contribuir al cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones bajo el Acuerdo de París. Es importante indicar que establece una serie

de flexibilidades adicionales que permiten transferir absorciones netas sobrantes entre subperíodos y entre países. El reglamento supone una novedad respecto al período anterior, ya que por primera vez el sector *LULUCF*, en el que se encuentran integradas las tierras forestales, tiene compromisos propios de reducción de emisiones en la normativa europea, aunque sigue habiendo una relación con el resto de los sectores.

VI. EL SECTOR AFOLU EN ESPAÑA

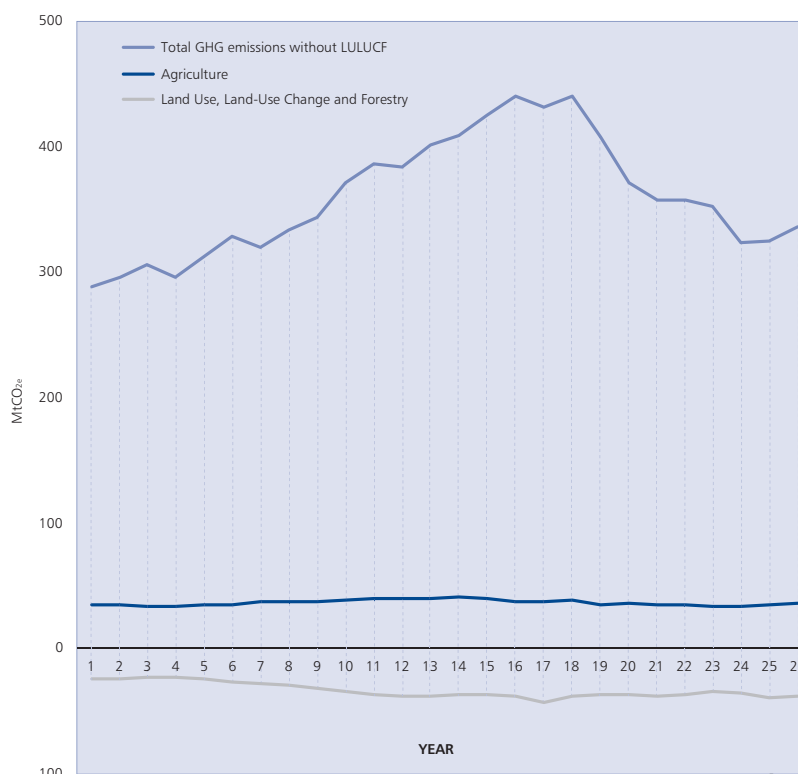
La contribución de las emisiones agregadas brutas del sector «Agricultura» en la serie tempo-

ral 1990-2015 (gráfico 4) oscila entre el 8 y el 12 por 100, no mostrando una tendencia temporal. Mientras que sí se observa una tendencia al incremento de las absorciones netas del sector *LULUCF* que alcanza el 12 por 100 de las emisiones brutas del mismo año compensando totalmente las emisiones del sector «Agricultura».

En el ámbito del sector *LULUCF*, el mayor uso del suelo en España corresponde a las tierras dedicadas a uso agrícola, con cerca de un 40 por 100 de la superficie nacional. Le sigue de cerca la superficie forestal, con algo más del 30 por 100 del total. Entre 1990 y 2012, las

GRÁFICO 4

EMISIONES DE ESPAÑA (Mt CO_{2e}) PARA LA SERIE TEMPORAL 1990-2015 DEL SECTOR *LULUCF*, AGRICULTURA Y EL TOTAL DE EMISIONES AGREGADAS BRUTAS (EXCLUYENDO *LULUCF*)



Fuente: UNFCCC Data sets in CAIT Explorer.

mayores variaciones en usos de suelo se han producido en agricultura, con una reducción de la superficie de más de 900.000 ha, y en bosques, donde la superficie ha aumentado en más de 800.000 ha. En valores relativos, la mayor variación ha sido el aumento de la superficie de los asentamientos urbanos, que entre 1990 y 2012 ha aumentado casi un 36 por 100 (NIR, 2016). En el gráfico 5 se indica la evolución de las emisiones y absorciones netas en el sector *LULUCF* en España entre 1990 y 2012. Lo que nos permite observar que es el secuestro de carbono en los bosques el que domina las absorciones de CO₂ en toda la serie temporal, y que hay ciertas categorías que muestran emisiones netas.

En cuanto al sector «Agricultura», representa actualmente un 12 por 100 de las emisiones en el año 2017 (MITECO, 2019). Del orden de la mitad de las emisiones de este sector están generadas por el uso de fertilizantes y

la gestión de los suelos, mientras que la otra mitad está provocada por la ganadería (fermentación entérica y gestión de estiércoles).

Según lo referido por el MAPAMA en 2014 en su informe *Información sobre acciones en el sector del uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura de España* en cumplimiento del artículo 10 de la Decisión 529/2013/UE (MAPAMA, 2015) no se esperan grandes cambios en las actuales magnitudes de sumideros de las tierras forestales, y aunque se proyectaba un descenso de la superficie agrícola se estimaban aumentos en su capacidad de sumidero modestos; mientras que se indicaban incrementos en las emisiones de los pastizales de similar magnitud a los incrementos de sumidero en las tierras agrícolas. Se detallan una serie de medidas de mitigación enmarcadas en planes nacionales y las recientes revisiones de la política agraria común de la Unión Europea con un horizonte mínimo de hasta 2020 que

pueden explicar estas tendencias. Aunque se aclara que estas proyecciones se encuentran en revisión.

En el ámbito del Protocolo de Kioto y su artículo 3, párrafos 3 y 4, España, en el primer período de compromiso del Protocolo (2008-2012), para el cálculo de la cifra de potencial de absorción por las actividades *LULUCF* tenía que contabilizar la absorción producida por actividades de forestación y reforestación y adicionalmente eligió contabilizar las remociones y emisiones derivadas de la gestión de tierras agrícolas y la gestión de bosques. Para la realización de estas estimaciones se utilizaron las *Guías de buenas prácticas para uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura* elaboradas por el IPCC de 2003 (IPCC, 2003), incluyendo factores de emisión/remoción nacional en algunos casos.

En el gráfico 5 se muestra el sumidero neto observado que se reporta a la UNFCCC en el *Inventario nacional de GEI*, sector *LULUCF*, y que es mayor que los que se puede contabilizar. En el período 2008-2012 solo un 32 por 100 de las absorciones pudieron ser contabilizadas (11), lo que representa un 3,2 por 100 de la cantidad asignada a España para el período.

En conclusión, la absorción del sector *LULUCF* se sitúa actualmente en torno al 10-12 por 100 de las emisiones agregadas de los demás sectores, lo que supone el mismo orden de magnitud que las emisiones del sector «Agricultura». Cómo el sector puede ser contabilizado entre 2021 y 2030 viene determinado por el nuevo Reglamento *LULUCF* 2018 de la UE descrito ante-

GRÁFICO 5
EMISIONES DEL SECTOR *LULUCF* EN ESPAÑA PARA 1990, 1995, 2000, 2005 Y EL PRIMER PERÍODO DE COMPROMISO DEL PROTOCOLO DE KIOTO (2008-2012) DEL SECTOR *LULUCF*



Fuente: MAPAMA, 2014.

riormente que introduce ciertas novedades.

VII. ¿POR QUÉ CONSIDERAR LA VULNERABILIDAD ES NECESARIO EN ESPAÑA?

Son múltiples los impactos del cambio climático observados ya en los ecosistemas terrestres (naturales y productivos), su diversidad y funcionamiento, que van desde los cambios en la fenología (incluyendo cambios en la floración y el fructificación) a alteraciones en el crecimiento y la mortalidad de algunas especies forestales. Por ejemplo, en especies de coníferas se han detectado disminuciones del crecimiento tanto en poblaciones naturales como en plantaciones en muchos casos atribuibles a una combinación de factores, como han sido los cambios de la gestión forestal, con el abandono de prácticas tradicionales y el despoblamiento (que ha resultado en la proliferación de bosques muy densos), y factores climáticos con sequías más frecuentes y prolongadas. En algunas ocasiones, la gestión histórica de las masas, como es el caso de las talas muy intensas en algunos abetales, pueden haber llevado a favorecer genotipos más vulnerables a la sequía y a alterar el microclima del bosque haciéndolo más vulnerable. Además de las reducciones del crecimiento, se han observado defoliaciones y episodios de mortandad asociados a factores climáticos. La concurrencia de reducciones de crecimiento, defoliación y mortandad de los individuos constituye lo que se ha venido en denominar «decaimiento de los bosques», considerándose que el cambio climático es uno

de los factores principales que lo provocan, si bien no es el único.

Por ejemplo, se han observado que interacciones bióticas y abióticas complejas en diversos procesos de decaimiento en los encinares han derivado en el decaimiento de algunos encinares en la península en las que el cambio climático reciente puede tener un papel importante. Estos encinares ocupan una extensión de varios millones de hectáreas en la península ibérica y proporcionan servicios ecosistémicos de gran valor socioeconómico. Pero, pese a los recientes esfuerzos para entender las causas de la variabilidad espacio/temporal en la salud fisiológica (Heres *et al.*, 2018; Gea-Izquierdo *et al.*, 2011) y la capacidad reproductiva con respecto al cambio climático de estos encinares (Pulido *et al.*, 2013) aún se desconoce el modo en que los múltiples agentes implicados interactúan.

Vayreda *et al.* (2015) encuentran que los bosques aún ostentan un mayor incremento los de la vertiente norte, en particular Galicia, Cantabria, Pirineos y País Vasco, mientras que los del sur, este y de la meseta presentan incrementos menores (especialmente suroeste y costa sureste del Mediterráneo). Teniendo en cuenta que entre el INF2 y 3 la temperatura media de marzo a agosto ha experimentado un incremento de un grado respecto a los treinta años anteriores (con un rango geográfico entre 0,15 y 2 °C), estos autores han encontrado un efecto negativo de este incremento más acusado en las zonas más húmedas del norte y noroeste peninsular y zonas de montaña como los Pirineos (bosque con especies eurosiberianas situadas en el límite sur de su distribución). El incremento de

temperatura, sin embargo, apenas tuvo efecto en el secuestro de carbono en las zonas más secas. Se encontró también una relación entre el incremento de temperatura y el abandono de la gestión forestal, reduciéndose la capacidad de sumidero con el calentamiento en los bosques en los que se ha abandonado la gestión. La capacidad de secuestro de carbono viene determinada por la estructura del bosque: estudios recientes indican que desde los años cincuenta hasta la actualidad se han observado variaciones en la estructura debidos al cambio climático en la península ibérica como consecuencia del incremento de la temperatura y el decrecimiento de la precipitación mayores que en el centro de Europa (Moreno *et al.*, 2018).

Los impactos ya observados en los ecosistemas españoles, en particular en los bosques, son suficientes para considerar que el cambio climático está afectando de forma negativa a nuestros ecosistemas. Lo que puede ser determinante en mermar su capacidad para mitigar el cambio climático.

VIII. CONCLUSIONES

Se deben considerar medidas de mitigación en el sector AFOLU, dado que su potencial puede ser importante. Aunque su potencial y las posibles combinaciones de opciones o acciones varían considerablemente según las regiones y los países, así como según los posibles escenarios socioeconómicos futuros. Es por ello que muchos países lo han considerado como un sector en el que desarrollar acciones dentro de su NDCs. Sin embargo, es también un

sector en el que los impactos del cambio climático son ya muy evidentes y es muy probable sigan agravándose de forma acelerada. Es, por tanto, ineludible considerar la necesidad de adaptación y la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales, seminaturales y para la producción de alimentos y otros productos, cuando consideramos qué tipo de acciones de mitigación son las más apropiadas en cada contexto geográfico y socioeconómico.

Es importante, no obstante, entender las diferencias entre las estimaciones totales de su contribución observadas de aquellas que resultan de las acciones planificadas de mitigación a efectos de contabilizar su contribución a los objetivos en el marco de la UNFCCC. Y para ello se requiere la comprensión de estas diferencias y acompañarlas de estimaciones robustas y transparentes, en línea con las directrices del IPCC, que se deben hacer públicas de forma regular. Ello nos permite dar seguimiento a nivel nacional. Pero, además, si consideramos información adicional, así como si desagregamos las estimaciones de los sectores en subcategorías y sus componentes de forma adecuada a las escalas en las que se van a implementar las acciones específicas de mitigación, esto nos permitirá entender mejor su potencial real, su efectividad y, por tanto, reaccionar con mayor celeridad a las necesidades de mitigación e integrar medidas de adaptación o considerar otros posibles beneficios y *trade-offs*.

Las estimaciones globales del potencial se basan en supuestos, en ocasiones simplistas, que pueden estar derivándose en una sobreestimación del potencial

de absorción de los ecosistemas terrestres. Por ello, es si cabe más importante ahora mejorar nuestro conocimiento en los contextos geográficos en los que las medidas de mitigación se van a poner en marcha.

El sector *AFOLU* es un sector importante en la UE. Para poder entender mejor cuáles son las medidas más prometedoras es importante entender la evolución de las emisiones de la «Agricultura» y de *LULUCF* en el contexto de los inventarios de los GEI en las últimas décadas. Mientras que las emisiones de la «Agricultura» se han mantenido bastante constantes, ha habido un incremento del sumidero del sector *LULUCF*. Ello nos ha llevado a que el sector sea un sector con emisiones netas ligeramente negativas (sumidero), aunque las emisiones derivadas del sector «Agricultura» sean superiores al 10 por 100 del total de las emisiones de la UE. Comprender cuáles son los factores que determinan estas tendencias en la «Agricultura» y en *LULUCF* es importante para determinar cuáles pueden ser las medidas más adecuadas para potenciar la contribución del sector *AFOLU* a la mitigación en el contexto de la UE. No obstante, se debe tener en cuenta que existen diferencias importantes entre los países de la UE, y cualquier medida comunitaria para impulsar la mitigación en el sector debe responder a las mismas para conseguir evitar efectos negativos o indeseados. Es cada vez más urgente que las estrategias de mitigación y adaptación que competen al sector no se desarrollen de forma independiente a nivel europeo, así como que se consideren los posibles cobeneficios en otros ámbitos (p.ej., la con-

servación de la biodiversidad, aspectos socio-culturales, salud, etcétera).

En España, la absorción del sector *LULUCF* se sitúa actualmente entorno al 10-12 por 100 de las emisiones agregadas de los demás sectores, lo que supone el mismo orden de magnitud que las emisiones del sector Agricultura. Su contabilización a la hora de cumplir los objetivos permite la utilización de una fracción de su potencial, que en el período 2008-2012 fue de tan solo un 3 por 100 de la cantidad asignada para este período a España. Las mayores absorciones se producen en las tierras forestales seguido por las cultivadas; es, por tanto, de interés prestar atención a las actividades que se pueden desarrollar en ellas. Debido a la particular vulnerabilidad de los ecosistemas que ocupan, es de vital importancia que los impactos del cambio climático se tengan en cuenta en el diseño y puesta en marcha de las futuras medidas de mitigación y se integren medidas de adaptación para paliarlos. Mientras que en el sector «Agricultura» (como lo define el IPCC en los inventarios de GEIS) las mayores emisiones corresponden al sector de la ganadería, en el cual se pueden derivar medidas también para su reducción. Entre las medidas que pueden tener mayor interés se encuentran: la gestión y la restauración de los bosques, incluyendo nuevos bosques, teniendo en cuenta su vulnerabilidad a los impactos esperados, considerando dónde y cómo en base no solo a criterios exclusivamente dedicados a incrementar su capacidad de secuestro de carbono (p.ej., protección de la biodiversidad, restauración del ciclo hídrico, protección del suelo, etc); gestión e introduc-

ción de sistemas agroforestales con especies arbóreas autóctonas; medidas de prevención de los incendios forestales; uso de variedades de cultivos más recipientes (p.ej. semillas de origen local) y diversificación de los cultivos); mejora de la gestión de los suelos y uso de fertilizantes (incluyendo el uso de compost de origen local); mejoras en la dieta animal en la ganadería intensiva. Estas medidas deben ser consideradas siempre teniendo en cuenta el contexto ambiental y socioeconómico en el que se implementan, así como cuáles pueden ser los cobeneficios que pueden comportar (p. ej., la mejor medida en términos de mitigación potencial puede ser contraproducente en otros ámbitos como la adaptación o la conservación de la biodiversidad).

NOTAS

(*) La autora agradece a la Oficina Española de Cambio Climático la información proporcionada. También, al Programa BERC del Gobierno Vasco y a la Fundación Ikerbasque, así como a la acreditación María de Maeztu por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

Otra afiliación de la autora: Fundación Ikerbasque.

(1) Actualmente denominado *AFOLU*.

(2) La Declaración incluye un párrafo importante sobre la estabilización de las emisiones de CO₂: «La Conferencia reconoce la necesidad de estabilizar, al tiempo que garantiza un desarrollo estable de la economía mundial, las emisiones de CO₂ y las emisiones de otros gases de efecto invernadero no controladas por el Protocolo de Montreal. Las naciones industrializadas acuerdan que tal estabilización debería ser lograda por ellos lo antes posible, a niveles que el IPCC y la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima de noviembre de 1990 consideren. En opinión de muchas naciones industrializadas, tal estabilización de las emisiones de CO₂ debería lograrse como un primer paso a más tardar en el año 2000».

(3) Es decir, aquellas que se consideran adicionales a las absorciones que ocurren de forma natural. Esta se consideró una forma sencilla de incluir solo aquellas absorciones que se inducirían adicionalmente.

(4) Decisión 18/CMA.1. Para ver más detalles sobre el «Katowice Package» en NDCs y Marco de Transparencia: SANZ, M. J. *et al.*, (2019). *Mapping Katowice decisions related to NDCs – Infographics*. This study was funded by the World Bank Program on Forests (PROFOR). <https://info.bc3research.org/wp-content/uploads/2019/06/ING-COMPLETO.pdf>

(5) <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/1180.pdf>

(6) https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

(7) Según lo reportado en el *Inventario de GEI* del año 2017.

(8) Reglamento (UE) 2018/841-1, sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura.

(9) Forestaciones, deforestaciones, pastos y cultivos gestionados hasta un máximo de 29,1 Mt CO_{2eq}.

(10) *Plan de Contabilidad Forestal Nacional*, para el primer subperíodo 2021-2025.

(11) De acuerdo con la información provista en las CRF enviadas por España a la Convención en el 2014. <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2014>

BIBLIOGRAFÍA

ALKAMA, R. y CESCATTI, A. (2016). Biophysical climate impacts of recent changes in global forest. *Science*, 351(6273), pp. 600-604. doi: 10.1126/science.aac8083ver

CIAIS, P., SABINE, C., BALA, G., BOPP, L., BROVKIN, V., CANADELL, J. *et al.* (2013). Carbon and Other Biogeochemical Cycles. En T. F. STOCKER, D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S. K. ALLEN, J. BOSCHUNG *et al.* (eds), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

EEA (2019). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2017 and inventory report 2019*. EEA/PUBL/2019/051.

GEA-IZQUIERDO, G., CHERUBINI, P. y CAÑELLAS, I. (2011). Tree-rings reflect the impact of climate change on *Quercus ilex* L. along a temperature gradient in Spain over the last 100 years. *For. Ecol. Manage.*, 262, pp. 1807-1816

GRASSI, *et al.* (2017). The key role of forests in meeting climate change targets requires science for credible mitigation. *Nat. Clim. Chang.*, 7, pp. 220-226.

GRISCOM, B. W., ADAMS J., ELLIS, P. W., HOUGHTON, R. A., LOMAX, G., MITEVA, D. A. *et al.* (2017). Natural Climate Solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, October 31, 114(44), pp.11645-11650. doi: 10.1073/pnas.1710465114. Epub 2017. Erratum in: *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019 Feb 12;116(7):2776

HEREŞ, A. M., KAYE M. W., GRANDA E., BENAVIDES R., LÁZARO-NOGAL A., RUBIO-CASAL, A. E. *et al.* (2018). Tree vigour influences secondary growth but not responsiveness to climatic variability in Holm oak. *Dendrochronologia*, 49, pp. 68-76.

HEROLD, A. y BÖTTCHER, H. (2018). *Accounting Rules for the Achievement of the Mitigation Goals of Non-Annex I Countries*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. pp. 86.

IPCC (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html

— (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Edited by S. EGGLESTON, L. BUENDIA, K. MIWA, T. NGARA, K. TANABE *et al.* Intergovernmental Panel of Climate Change. Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

— (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Edited by P. R. SHUKLA, J. SKEA, E. CALVO BUENDIA, V. MASSON-DELMOTTE, H.-O. PÖRTNER, D. C. ROBERTS

<p>et al. Intergovernmental Panel of Climate Change. In press.</p> <p>KURZ, W., DYMOND, C., STINSON, G. et al. (2008). Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. <i>Nature</i>, 452, pp. 987-990.</p> <p>LAL, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. <i>Science</i>, 304(5677), pp. 1623-1627</p> <p>LE QUÉRÉ, C., ANDREW, R. M., FRIEDLINGSTEIN, P., SITCH, S., PONGRATZ, J., MANNING, A. C. et al. (2018). Global Carbon Budget 2017. <i>Earth System Science Data</i>, 10, pp. 405-448. Disponible en: https://doi.org/10.5194/essd-10-405-2018</p> <p>LE QUÉRÉ, C., PETERS, G. P., ANDRES, R. J., ANDREW, R. M., BODEN, T. A., CIAIS, P. et al. (2014). Global carbon budget 2013. <i>Earth System Science Data</i>, 6, pp.235–263. Disponible en: https://doi.org/10.5194/essd-6-235-2014</p> <p>MAPAMA (2014). <i>Informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero de España</i>.</p>	<p>— (2015). <i>Información sobre acciones en el sector del uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura de España</i>. En cumplimiento del artículo 10 de la Decisión 529/2013/UE., p. 33.</p> <p>— (2016). <i>Informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero de España</i>.</p> <p>MITECO (2019). <i>Informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero de España</i>.</p> <p>MORENO, A., NEUMANN, M. y HASANAUER, H. (2018). Climate limits on European forest structure across space and time. <i>Global and Planetary Change</i>, 169, pp. 168-178. doi:10.1016/j.gloplacha.2018.07.018.</p> <p>PULIDO, F., MORENO, G., GARCÍA, E., OBRADOR, J. J., BONAL, R. y DÍAZ, M. (2013). Resource manipulation reveals flexible allocation rules to growth and reproduction in a Mediterranean evergreen oak. <i>Journal of Plant Ecology</i>, 7(1), pp. 77-85.</p>	<p>SMITH, P. et al. (2014). <i>Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)</i>. <i>Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change</i>. Edited by O. EDENHOFER et al. Cambridge: Cambridge University Press.</p> <p>TUBIELLO, F. N., SALVATORE, M., FERRARA, A. F., HOUSE, J., . FEDERICI, S. ROSSI, S. et al. (2015). The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990-2012. <i>Global Change Biology</i>, 21(7). Disponible en: 10.1111/gcb.12865</p> <p>VAYREDA, J. et al. (2015). Vulnerabilidad de los bosques españoles al cambio global: efectos sobre el stock y la capacidad de sumidero de carbono. En A. HERRERO y M. A. ZAVALA (ed.), <i>Impactos, vulnerabilidad y adaptación de los bosques y la biodiversidad en España frente al cambio climático</i>. Madrid: MAGRAMA.</p>
---	---	--