

MEMORANDO OPEX Nº 214/2016



ASUNTO: CAMBIO CLIMÁTICO, AGUA Y AGRICULTURA SOSTENIBLE

AUTORÍA: Ivanka Puigdueta Bartolomé*; Alberto Sanz Cobeña **, e Ana Iglesias Picazo*

*CEIGRAM, Universidad Politécnica de Madrid

**ETSIAAB, Universidad Politécnica de Madrid

FECHA: 25/11/2016

Depósito Legal: M-54881-2008

ISSN: 1989-2845

Opex: Vicente Palacio, director.



<http://www.fundacionalternativas.org/observatorio-de-politica-exterior-opex>

Contenido

1. Agua y cambio climático	4
2. Sector agrícola español y cambio climático	9
3. Adaptación de los agrosistemas españoles al cambio climático	13
4. Mitigación del cambio climático en la agricultura	15
5. Medidas estructurales frente al cambio climático	20
6. Instituciones públicas, agricultura y cambio climático	22
7. Barreras para la implementación de medidas de adaptación mitigación	25
8. Conclusiones	27
9. Bibliografía	29

La magnitud de los impactos humanos sobre los equilibrios terrestres se ha incrementado de manera notable en las últimas décadas, de manera que, según algunos autores, se ha dado paso a una nueva era geológica: el Antropoceno (Steffen et al., 2011). Uno de los mayores desequilibrios producidos por las actividades antrópicas se refleja en el cambio climático, producido por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que retienen la radiación procedente de la Tierra y producen el incremento de la temperatura de la atmósfera.

El sector agropecuario es uno de los principales contribuyentes a las emisiones de GEI, y, a su vez, es el sector con mayor potencial de mitigación del cambio climático por, entre otras, su capacidad de absorción de CO₂, el principal GEI. Este sector es, por tanto, estratégico a la hora de reducir la magnitud del cambio climático. La importancia estratégica del sector agropecuario se ve acentuada por el hecho de que las emisiones derivadas de las actividades que lo conforman han ido en ascenso en los últimos años, mientras que en otros sectores como el energético las emisiones se han paralizado (International Energy Agency, 2015).

Por otro lado, las modificaciones en los patrones climáticos (temperaturas, precipitaciones, fenómenos extremos...) asociadas al aumento de la temperatura media global suponen importantes desafíos para la producción agrícola. España es uno de los países más vulnerables al cambio climático dentro de la Unión Europea, principalmente por la dependencia de sectores estratégicos sobre la disponibilidad de agua y las previsiones sobre esta disponibilidad en los escenarios de cambio climático. Las previsiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) señalan un descenso medio en las precipitaciones y un aumento en las temperaturas, lo que producirá una disminución de los recursos hídricos, el potencial energético hidráulico y la productividad agrícola, así como un aumento en la frecuencia de incendios (Giorgi & Lionello, 2008).

El cambio climático supone, por tanto, un gran desafío estructural a nivel global. Según algunas estimaciones, el Producto Interior Bruto (PIB) europeo podría reducirse en un 2% como consecuencia de los impactos de este fenómeno (Ciscar et al., 2011). Sin embargo, el cambio climático también puede ofrecer oportunidades, principalmente mediante la transición hacia sistemas socioeconómicos más justos y equitativos basados en los principios, de, por

ejemplo, la economía del bien común (Felber, 2012). Los impactos del cambio climático sobre la sociedad, y en especial sobre los agrosistemas, dependerán de la magnitud del aumento de la temperatura media de la Tierra, de la resiliencia y la capacidad de adaptación de los agricultores y sistemas agrarios, y de las limitaciones e incentivos definidos por las políticas agrarias.

1. Agua y cambio climático

1.1. Consumo humano de agua

Se estima que, en el caso español, las actividades humanas emplean aproximadamente el 40% del volumen total de agua disponible (unos 114.000 hm³; Lopez-Gunn et al., 2013). La mayor parte de este consumo se produce en el sector agro-ganadero (Tabla 1).

Actividad	Consumo (hm ³ – %)
Agricultura y ganadería	38.990 – 84%
Suministro urbano	4.042 – 9%
Industria	3.251 – 7%

Tabla 1. Consumo humano de agua azul y verde [hm³=hectómetro cúbico]. Garrido et al. (2010).

Siguiendo el concepto de la **Huella Hídrica** (Cuadro 1), los recursos hídricos pueden dividirse en aguas azules, aguas verdes y aguas grises. Para la explotación de las **aguas azules superficiales**, España cuenta con unas 1.200 presas con capacidad para almacenar hasta 55.000 hm³ de agua, siendo el cuarto país con más presas a nivel mundial (Llamas et al., 2013). Las aguas superficiales proporcionan el 75% del volumen utilizado en agricultura de regadío (INE, 2016).

Las **aguas subterráneas** juegan un papel estratégico en España, pese a que han recibido muy poca atención debido a su condición de recurso oculto. Su valor para el consumo humano es especialmente palpable en épocas de sequía o en zonas con escasas aguas superficiales. La demanda anual de agua subterránea se ha intensificado en el último medio siglo, siendo en la actualidad de unos 7.000 hm³, de los cuales un 73% se destinan a actividades agrícolas (un 21% se destina a usos urbanos). La escasa planificación y

La **Huella Hídrica** es un indicador del uso humano del agua que clasifica los recursos hídricos en tres grupos:

- Aguas verdes:** agua de lluvia acumulada en el suelo.
- Aguas azules:** aguas superficiales y subterráneas (ríos, lagos, acuíferos y masas de agua artificiales o muy modificadas).
- Aguas grises:** aguas cargadas de sustancias contaminantes tras su uso.

Cuadro 1: Clasificación de los recursos hídricos según la Huella Hídrica (Hoekstra, 2003)

control en el uso de las aguas subterráneas ha supuesto que en la actualidad tan solo el 54% de los acuíferos se encuentren en buen estado a causa de su sobreexplotación o la contaminación (De Stefano, 2013).

Por su parte, pese a que el **agua verde** no ha sido tradicionalmente tenida en cuenta a la hora hacer los cálculos sobre disponibilidad de agua, este recurso es esencial para el consumo humano, pues el 75% de la superficie agrícola está destinada a cultivos de secano (Llamas, 2013; ESYRCE, 2015).

1.2. Influencia del cambio climático en los recursos hídricos

España es uno de los países más áridos de Europa, condición que se verá acentuada en las décadas por venir según los principales escenarios de cambio climático debido a la reducción de las precipitaciones y al aumento de las temperaturas (Figura 1).

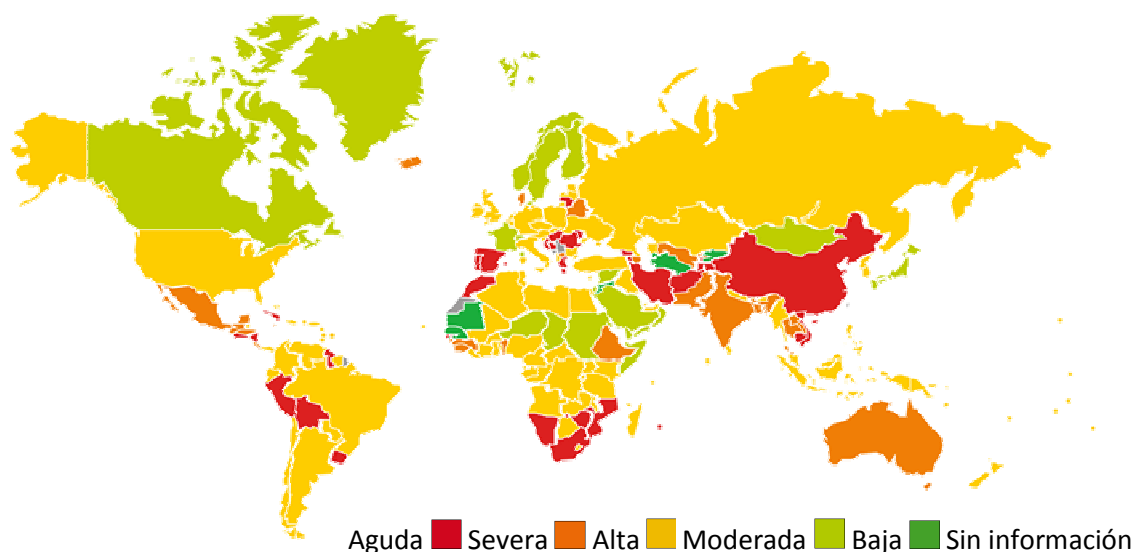


Figura 1: Mapa de la vulnerabilidad frente a la sequía en 2030 (Dara, 2012)

El año hidrológico 2014-2015 fue un 9% de media más seco de lo normal a nivel nacional (ESYRCE, 2015). Las **precipitaciones** se han reducido en varias cuencas hidrológicas hasta un 8% de media en la segunda mitad del siglo XX, principalmente en las cuencas del Duero, el Guadalquivir, el Guadiana y el Júcar. La tendencia en la disminución de las precipitaciones se mantiene en los principales escenarios de cambio climático, previéndose que las precipitaciones medias anuales (actualmente unos 670 mm) se reduzcan cerca de otro 6% de aquí a 2040 (CEDEX,

2011). La reducción de las precipitaciones será más acusada en las Islas Canarias y el Sur de la península (Figura 2; Garrido et al., 2013).

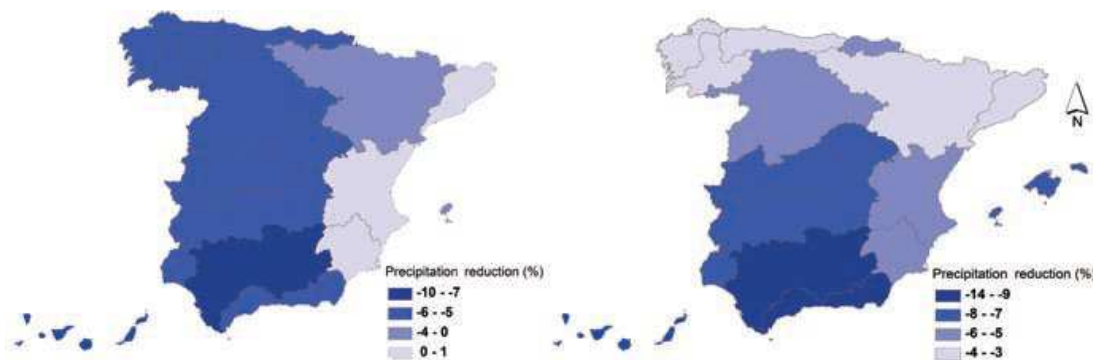


Figura 2: Alteraciones previstas en la precipitación media anual (%) entre 2010 y 2040 (Garrido et al. 2010)

En cuanto a las **temperaturas**, se espera un incremento progresivo que dará lugar a un aumento de hasta 1,9°C para el año 2040 (CEDEX, 2011). Este incremento será más acusado en las cuencas hidrográficas del interior del país (Garrido et al., 2013; figura 3). Temperaturas más altas producirán mayores tasas de evapotranspiración, contribuyendo a la disminución del agua disponible.

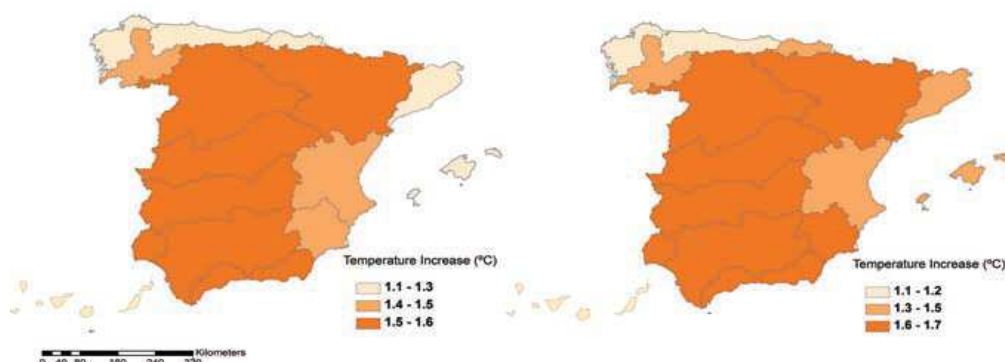


Figura 3: Incrementos de temperatura media (°C) previstos entre 2010 y 2040 (Garrido et al., 2013)

Otro aspecto asociado a los impactos del cambio climático en España presente en las previsiones del IPCC es el incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, principalmente lluvias torrenciales y sequías (Bates et al., 2008). Ambos fenómenos han visto ya aumentar su frecuencia desde mediados del siglo XX (CEDEX, 2011), y se espera que vayan a tener una mayor incidencia en las cuencas centrales y del este del país.

Debido a lo anteriormente expuesto, las previsiones indican que la mayoría de las cuencas hidrográficas sufrirán la disminución del agua disponible, especialmente en las islas canarias y el sur peninsular (Tabla 2). Este fenómeno ya está presente en la actualidad: a lo largo de la segunda mitad del siglo XX se ha producido una reducción en varias cuencas hidrográficas de hasta un 20%, principalmente en las cuencas del centro y sur, a causa del descenso en las precipitaciones medias anuales y la sobreexplotación de los recursos hídricos (Lorenzo-Lacruz et al., 2012). Ante estas condiciones climatológicas de descenso en las precipitaciones y aumento en las temperaturas, se espera que el sur de España sufra un proceso de aridificación, mientras que el norte del país tenderá a su mediterraneización (al igual que en países europeos de clima hoy templado; Garrido et al., 2013; Aguilera, 2016).

1.3. Agua virtual

A la hora de evaluar la disponibilidad de recursos hídricos en España y la influencia

Cuenca hidrográfica	Reducción
Islas Canarias	18 - 25%
Sur (Guadalquivir, Sur, Guadiana, Segura, Sur)	9 - 17%
Mediterráneo (Ebro, Júcar, C.I. Cataluña)	0 - 12%
Norte (Cantábrico, País Vasco, Miño-Sil, Galicia-Costa)	3 - 13%
Centro (Duero, Tajo)	7 - 11%
Islas Baleares	4 - 15%

Tabla 2. Previsión de la reducción del agua disponible en 2040 (Garrido et al., 2013.)

del cambio climático sobre ellos no hemos de olvidar que nos encontramos en un mundo globalizado en el que la producción y el consumo se encuentran – a menudo – geográficamente muy distantes. La economía española se ha alejado progresivamente del consumo de agua interno (Garrido et al., 2010), pese a que este consumo no haya dejado de incrementarse año tras año (5 y 30% en agricultura y ganadería, respectivamente, en el periodo 1995-2008; Chico y Garrido, 2013). En parte, esto es debido a que la agricultura ha visto reducido su

peso en el PIB a nivel nacional, pero también al aumento de las importaciones de agua virtual.

El **agua virtual** es la cantidad de agua utilizada para la producción de un bien o servicio concreto, que posteriormente puede entrar a formar parte del mercado internacional. Las importaciones de agua virtual en España son mucho mayores que las exportaciones. Durante la primera década del siglo XXI, las importaciones de agua virtual en el sector agrícola (principal consumidor de agua) triplicaron a las exportaciones (Chico y Garrido, 2013). Esta diferencia entre las importaciones y las exportaciones se debe a que España importa principalmente cultivos altamente demandantes de agua – y bajo valor económico – como cereales y cultivos oleaginosos (ej. soja), destinados mayormente al consumo animal, y exporta productos de menor consumo hídrico – y alto valor económico – como carne y productos elaborados (ej. aceite de oliva), además de frutas y verduras.

En 2008, la cantidad de agua virtual importada se calculaba en unos 32.000 hm³ (casi igualando al agua interna empleada en el sector agro-ganadero. Tabla 1), frente a unos 9.000 hm³ exportados, y la tendencia en la importación va en aumento (Chico y Garrido, 2013). Por tanto, si a día de hoy estos productos se cultivasen en España en lugar de importarse de otros países, sería necesario consumir el doble de recursos hídricos, lo que supondría utilizar casi el 70% del agua disponible.

El mantenimiento o el incremento de las importaciones de agua virtual se plantea como una estrategia de adaptación al cambio climático eficaz y poco costosa. Sin embargo, esta práctica conlleva la externalización de los riesgos ambientales y la deforestación de grandes superficies de tierra, lo cual actuaría como un importante acelerador del cambio climático (Garrido et al., 2013). Por otro lado, incrementar la dependencia de la importación de recursos básicos puede también suponer riesgos económicos y geoestratégicos, ligados a una mayor dependencia exterior para el país.

2. Sector agrícola español y cambio climático

2.1 Descripción del sector agrícola en España

La tierra de cultivo en España ocupa **un tercio** de la superficie total, distribuyéndose entre cultivos herbáceos (23%), cultivos leñosos (10%) y, en menor medida, otras tierras de cultivo como los huertos familiares (Figura 4; ESYRCE, 2015). Además, España está entre los países de la Unión Europea con mayor superficie cultivada con **agricultura orgánica**, que ocupa el 6,5% de las tierras cultivadas y se da principalmente en cultivos leñosos (MAGRAMA, 2011).

Más de la mitad de los **cultivos herbáceos** corresponde a cereales (principalmente trigo y cebada), y un cuarto se encuentra en barbecho, dedicándose el resto al cultivo de plantas forrajeras (maíz en mayor medida), cultivos industriales (el girasol supone el 75%), leguminosas (guisantes, veza, habas, garbanzos, etc.), hortalizas y flores, y, en menor medida, tubérculos (principalmente patata) (ESYRCE, 2015). Por su parte, el principal **cultivo leñoso** es el olivar, que ocupa más de la mitad del terreno de este tipo de cultivo. El viñedo ocupa un quinto de la superficie, al igual que los frutales no cítricos (principalmente almendro), y los frutales cítricos ocupan el 6% del terreno dedicado a cultivos leñosos (ESYRCE, 2015).

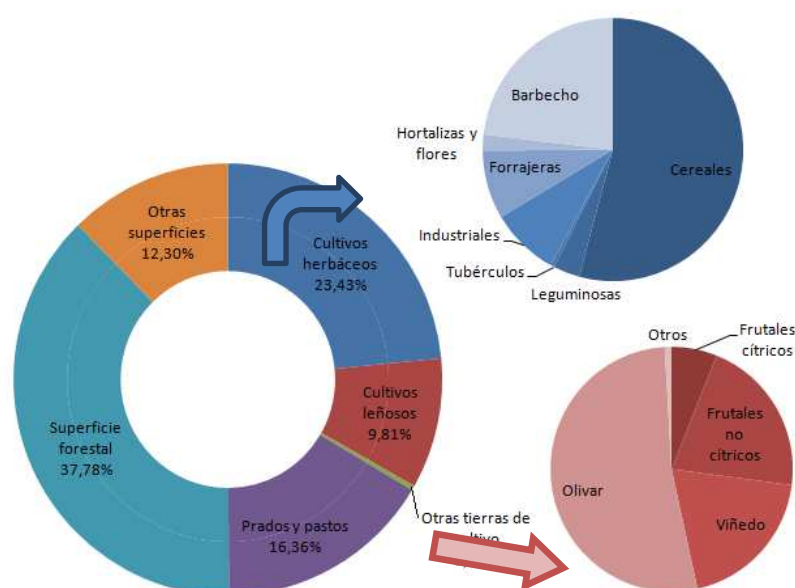


Figura 4: Distribución de la superficie en España (elaboración propia a partir de ESYRCE, 2015)

El principal régimen de cultivo en España son los **cultivos de secano**, que emplean el agua verde contenida en los suelos. Sin embargo, el regadío ha ido aumentando su presencia en la agricultura española desde finales de siglo pasado, incrementando así el uso de agua azul (Llamas et al., 2013). En el año 2014 se produjo un incremento del 4,1% en el volumen de agua utilizada para abastecer los sistemas de riego (INE, 2016).

En la actualidad, aproximadamente un cuarto de las tierras de cultivo en España se cultivan en **regadío**. El avance del regadío se sitúa principalmente en **viñedos y olivos**: en ambos cultivos se duplicó la superficie irrigada entre 1995 y 2008 (llegando al 38 y 29%, respectivamente), manteniendo o disminuyendo la superficie cultivada en secano. Sin embargo, sigue siendo el cultivo de cereales – por su mayor expansión en la superficie total cultivada – donde está la mayor cantidad de cultivos en regadío (1 millón de ha), pese a que tan sólo un 15% de la superficie de cereales se cultiva en regadío. Por otro lado, el regadío es la modalidad mayoritaria en cultivo de frutales cítricos (93%), tubérculos (76%), hortalizas y flores (78%) y huertos familiares (60%), aunque el peso de estos cultivos en su conjunto no llega al 5% de las tierras de cultivo (Garrido et al., 2013; ESRYCE, 2015). Por volumen de agua consumido, los cultivos herbáceos (cereales, en su mayoría) reciben más de la mitad del agua de riego utilizada en el sector a nivel nacional (INE, 2016).

El sistema de regadío más extendido en agricultura es el goteo, casi igualado por el riego por gravedad (37,5 y 36%, respectivamente). El riego por aspersión es el menos empleado en el sector (26,4%), aunque es la técnica que más creció entre los años 2013 y 2014 (un 6,5%) (INE, 2016).

Por otro lado, los terrenos dedicados a **prados y pastos para ganado** suponen el 16% de la superficie total del país, casi en su totalidad en régimen de secano (ESYRCE, 2015).

Aunque el sector agrícola es un importante cohesionador social en el medio rural, con gran peso en la economía, y es la base de la seguridad alimentaria a nivel nacional, su peso en el PIB español se ha venido reduciendo desde finales de siglo pasado. En 2015, la agricultura, la ganadería y la pesca contribuyeron con el **2,5% al PIB**, por debajo de la media mundial (3,9%, Banco Mundial). La producción

vegetal representa la mayor proporción del PIB correspondiente al sector agropecuario (60%), frente al 35% de los productos animales. Los cereales, pese a ocupar más de un tercio de las tierras de cultivo, sólo contribuyen al 14% del PIB correspondiente del sector. Por el contrario, productos cuya producción ocupa superficies pequeñas corresponden a casi la mitad del PIB agropecuario: hortalizas (18%), frutas y cítricos (14,5%) y carne de cerdo (12,5%) (ESYRCE, 2015; Chico y Garrido, 2013). Sin embargo, si se tiene en cuenta el sector agroalimentario en su conjunto, del que el sector agropecuario es la base, su peso en el **PIB** asciende al **11%** (MAGRAMA, 2016).

El comercio internacional de productos agrícolas ha crecido de manera significativa en los últimos 15 años (Llamas et al., 2013). Los principales productos exportados son cítricos, hortalizas, trigo, vino, productos derivados del olivo y carne de cerdo, y, aunque en su conjunto suponen una pequeña porción del total de la producción nacional, estas exportaciones son muy significativas en términos económicos (Chico y Garrido, 2013).

En cuanto a las importaciones, proceden en mayor medida de Argentina, Brasil, Francia y los Estados Unidos, y son principalmente cereales (maíz, trigo y centeno) y semillas oleaginosas y sus productos (Chico y Garrido, 2013).

2.2. Estimación de los efectos del cambio climático sobre la producción agrícola en España

Se espera que la aridificación del clima, los cambios en los ritmos estacionales y el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos adversos, asociados al cambio climático, tengan mayoritariamente efectos negativos sobre la producción agrícola española. Las previsiones indican que estos efectos serán más agudos sobre la agricultura mediterránea que en regiones de clima templado.

Algunas de las causas directas de la posible reducción de la productividad en los escenarios de cambio climático son:

- **Degradación del suelo y pérdida de la materia orgánica:** la mayor frecuencia de lluvias torrenciales incrementará las tasas de erosión, arrastrando la materia orgánica que proporciona fertilidad al suelo (en una región con suelos ya de por sí pobres en materia orgánica; Aguilera et al., 2016).

- **Mayor incidencia de plagas y enfermedades:** con los cambios de patrones en temperaturas y precipitaciones se espera que aparezcan nuevas y más virulentas plagas y enfermedades que ataquen a los cultivos, como la mosca de la fruta en los olivos (Ponti et al., 2014).
- **Mayor recurrencia de plantas adventicias (*malas hierbas*):** se espera la expansión de estas plantas y otras especies invasoras, que competirán por los recursos disponibles con los cultivos endémicos.
- **Reducción de la disponibilidad de agua:** en los sistemas de secano, el descenso en las precipitaciones y el aumento de las temperaturas reducirá el volumen de agua verde (ver apartado 1.1), incrementando el estrés hídrico. Los sistemas de regadío también se verán afectados por la disminución del agua contenida en las principales cuencas hidrológicas así como una mayor salinidad y de riesgo de presencia de nitratos (Garrote et al., 2015).
- **Incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos:** algunos estudios indican que este factor presenta riesgos incluso mayores para la producción agrícola que la aridificación del clima. Por ejemplo, se estima que la productividad del cultivo de trigo (13% de las tierras de cultivo españolas; ESYRCE 2015) podría verse reducida hasta en un 40% debido a la mayor incidencia de sequías durante el periodo de crecimiento (Porter y Semenov, 2005).

El cambio climático afectará de manera más aguda a los cultivos del sur del país (Iglesias et al., 2010). Por otro lado, los riesgos sobre los cultivos están muy relacionados con las prácticas agrícolas que se llevan a cabo. Se espera que los cultivos en régimen de secano sean los más vulnerables a la disminución de las precipitaciones. No obstante, la disminución de la disponibilidad de agua azul prevista para la mayoría de las cuencas hidrológicas (Tabla 2), y el aumento de las necesidades hídricas de los cultivos debido a las mayores temperaturas, producirá un aumento de la competencia sobre este recurso, por lo que los cultivos de regadío también pueden verse afectados.

Pese a que se espera que los efectos del cambio climático sobre la productividad agrícola sean en su mayoría negativos, en algunos casos podrían resultar beneficiosos. Por ejemplo, el incremento del periodo libre de heladas puede beneficiar al cultivo de cereales de primavera y forrajes, al igual que el cultivo de hortalizas protegidos (Bardají e Iglesias, 2014).

Los impactos del cambio climático sobre la agricultura serán, por tanto, diferentes para cada cultivo y región, por lo que resulta necesario estudiarlos de manera específica con el fin de implementar las medidas más efectivas y sensibles a realidades diversas (Iglesias et al., 2010). Por otro lado, aunque se espera una cierta adaptación natural de los cultivos a las nuevas condiciones climáticas, las previsiones indican que no será suficiente, por lo que los riesgos sobre las cosechas son inevitables (Stalker, 2006).

No obstante de lo expuesto anteriormente en esta sección, dado que las previsiones climáticas están inherentemente sujetas a un margen de error imposible de eliminar, los impactos del cambio climático sobre la agricultura son difíciles de predecir con exactitud. Por ello, la incertidumbre debe ser integrada en la planificación de las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático (Iglesias et al., 2010). Igualmente, las medidas que se pongan en práctica durante los próximos años son cruciales para determinar el grado de impacto del cambio climático sobre el sector agrario.

Existen dos tipos de medidas frente al cambio climático, ambas imprescindibles en el momento actual: las medidas de mitigación y las medidas de adaptación. Las primeras son el conjunto de acciones encaminadas a reducir las emisiones de GEI, mientras que las segundas recogen las acciones conducentes a la minimización de los impactos y la vulnerabilidad de los cultivos frente al cambio climático. El diseño de estos dos tipos de medidas ha de realizarse de manera integrada, puesto que, si bien en muchas ocasiones una acción es beneficiosa tanto para la adaptación al cambio climático como para su mitigación, en algunos casos pueden resultar perjudiciales para uno de los dos fines. Por ejemplo, el desarrollo de cubiertas vegetales contribuye de manera eficaz a la retención de carbono en el suelo (mitigación), pero, en situaciones de estrés hídrico, pueden competir por el consumo de agua (Aguilera et al., 2013).

3. Adaptación de los agrosistemas españoles al cambio climático

Las acciones de adaptación al cambio climático están encaminadas a reducir la vulnerabilidad del sector agropecuario frente a los impactos del cambio climático,

bien mediante la reducción de la exposición a los riesgos existentes, o mediante la mejora de la capacidad adaptativa. La capacidad de adaptación estará determinada por las limitaciones de las infraestructuras, la disponibilidad de recursos y las regulaciones agrarias (Iglesias et al., 2011). De esta manera, la adaptación al cambio climático podría ser más difícil para los pequeños agricultores, debidas sus mayores limitaciones técnicas y acceso a los recursos. No obstante, prácticas agronómicas procedentes de la tradición popular y que se incluyen en la agroecología, como los pluricultivos, podrían aportar mayor resiliencia y oportunidades frente a los impactos del cambio climático que otros sistemas.

Por otro lado, mientras algunas de las acciones de adaptación necesarias dentro del sector agrario podrán ser implementadas de manera independiente por parte de los agricultores, otras requerirán apoyo externo en forma de inversión o capacitación, o incluso precisarán de cambios estructurales que deban ser impulsados o facilitados mediante el desarrollo de políticas públicas.

La medida más efectiva de adaptación al cambio climático es la minimización de sus causas, por lo que la reducción de las emisiones de GEI es un aspecto fundamental al diseñar las estrategias de adaptación. No obstante, los escenarios de cambio climático para los próximos años muestran que ciertos cambios en el clima son ya irreversibles (Figuras 2 y 3), por lo que es necesario implementar medidas de adaptación específicas en cada sector.

Como se ha indicado en el apartado 2.2, una de las vías en las que el cambio climático afectará más gravemente a los sistemas agrarios es la disminución de la disponibilidad de agua. Por ello, una de las medidas de adaptación más eficaces será la instalación de **sistemas de riego**. En este sentido también serán útiles medidas diseñadas para conservar la humedad del suelo, como la **reducción del laboreo**.

Igualmente, pueden resultar beneficiosas las medidas enfocadas hacia la reducción de la erosión del suelo, dado que ésta puede incrementarse como consecuencia de la mayor incidencia de lluvias torrenciales. La reducción del laboreo, previamente mencionada, es útil para este fin. Otra técnica que contribuye a la minimización del riesgo de erosión es la aplicación de **insumos orgánicos**, así como las **rotaciones de cultivos**.

La selección de **variedades resistentes** a las sequías o a las altas temperaturas es, del mismo modo, una estrategia eficaz para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. En la misma línea, la **modificación de las fechas** de siembra y recolección y el **traslado de los cultivos** hacia zonas con condiciones climáticas más favorables (ej. mayor altitud), son estrategias sencillas y eficaces, si bien pueden requerir un tiempo de ajuste (Aguilera et al., 2013).

El cambio climático incidirá de manera diferente en cada región, e, igualmente, sus impactos divergirán entre cultivos y contextos sociales. Por ello, para la elección y el diseño de las medidas de adaptación a los escenarios de cambio climático futuro es necesario el análisis de los efectos específicos previstos del cambio climático a nivel local, y ha de realizarse independientemente para cada tipo de cultivo (Iglesias et al., 2010).

4. Mitigación del cambio climático en la agricultura

4.1. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desde los sistemas agrícolas

De manera aislada, sin contar con los impactos indirectos asociados con el sector, la agricultura y la ganadería son responsables del 13% de las emisiones globales. Al añadir a este cálculo los cambios de uso de suelo relacionados, las estimaciones ascienden al 20% de los GEI,¹ superando al sector transporte (Colombo et al., 2016). Dentro de esta categorización, mientras las emisiones procedentes de la deforestación tienen una tendencia decreciente, el peso de la agricultura y la ganadería ha ido creciendo año tras año, siendo en el momento presente los mayores contribuyentes (Tubiello et al., 2013).

Al hablar de emisiones del sector agropecuario, han de diferenciarse las **emisiones directas y las emisiones indirectas**. Las primeras corresponden a los GEI que se producen en el sistema de producción, mientras que las segundas comprenden los gases emitidos antes y después de la explotación agropecuaria.

¹ Este cálculo no tiene en cuenta el transporte y procesado de los productos agroalimentarios ni la gestión de los residuos derivados. Si se incluyesen el porcentaje de GEI a nivel global del sector agroalimentario asciende al 30% de las emisiones globales (Colombo et al., 2016)

En el caso del sector agrario español, en 2014 las emisiones directas fueron 37,7 MtCO₂e (mega toneladas de CO₂ equivalente), repartidas como se muestra en la figura 5, lo que supone aproximadamente el 10% de las emisiones totales (sin tener en cuenta la energía consumida en las explotaciones agrarias; FAOSTAT; CAIT, 2012). Las principales fuentes de emisión son la **ganadería** (42%), la **fertilización** de los suelos (convencional y orgánica, 29%) y el almacenamiento de los **estiércoles** (21%).

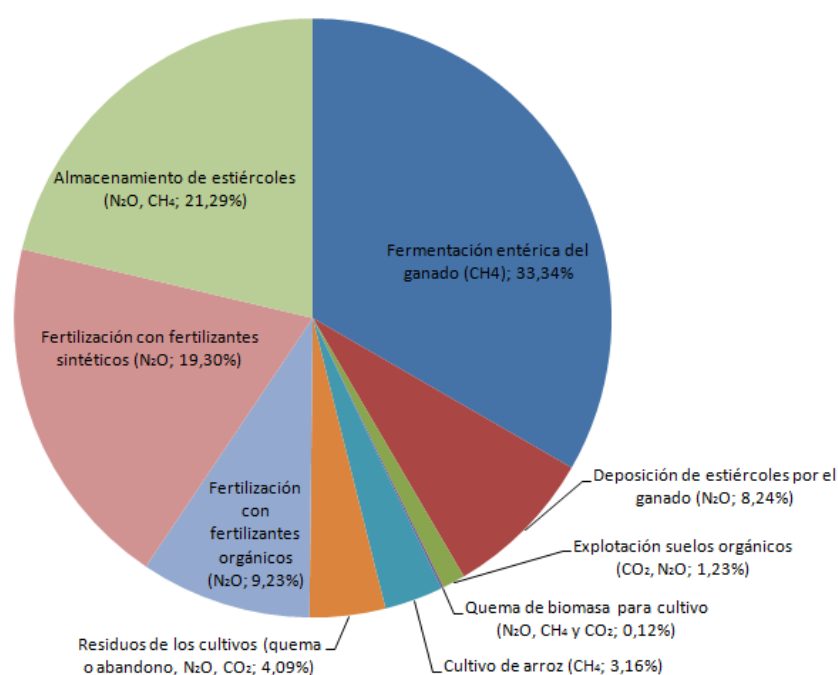


Figura 5: Emisiones directas del sector agrícola en 2014 (Elaboración propia a partir de la base de datos de FAOSTAT)

A estas emisiones han de sumarse los GEI producidos en la **fabricación y transporte de los insumos** (fertilizantes, pesticidas), **maquinaria e infraestructuras** (riego, invernaderos) necesarias para la producción agropecuaria *per se*, así como los **piensos y semillas** procedentes, en gran medida, de terceros países (Lassaletta et al., 2014). Así mismo, una vez cosechados los cultivos, u obtenido el correspondiente producto de origen animal, tienen lugar emisiones de GEI asociadas al **procesado, transporte y distribución** de estos bienes de consumo y los residuos generados tras el mismo. Pese a que las emisiones indirectas suelen contabilizarse en otros sectores, sin estos procesos las explotaciones agrarias no tendrían lugar, y su peso en el total de las emisiones

derivadas de la producción agraria es muy grande, sobre todo en la agricultura convencional.

Para obtener una imagen completa y real del impacto de los sistemas agroalimentarios sobre el medio ambiente, y en concreto sobre el cambio climático, la contabilización de las emisiones ha de incluir estas fuentes de GEI. Es por ello que en los últimos años se han realizado estudios que, utilizando herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (LCA en sus siglas en inglés), pretenden mostrar el balance total de emisiones asociados a la producción de bienes agropecuarios (ej. Aguilera et al., 2015a, b).

Al tener en cuenta las emisiones indirectas, los mayores flujos de GEI en el ámbito agrícola español estarían asociados al uso de energía (emisiones positivas), y, en segundo lugar, al secuestro de carbono (emisiones negativas: almacenamiento de carbono en los suelos) (Aguilera, 2015a, b).

Por otro lado, tener en cuenta todo el sistema a la hora de calcular las emisiones del sector tiene implicaciones notables desde el punto de vista estratégico. De este modo, aunque los sistemas agrícolas en clima mediterráneo son en la mayoría de los casos menos productivos que los de clima templado, la intensidad de las emisiones de los primeros (por kilogramo de producto) son por lo general menores. Este hecho tiene gran relevancia en sectores como la producción ecológica, en donde se han estimado menores emisiones por kilogramo de producto (Figura 8), y ello a pesar de que los rendimientos son, de media, un 20% inferiores.

4.2. Medidas de mitigación ligadas a las prácticas agronómicas

La magnitud de los impactos de los efectos del cambio climático sobre los agrosistemas dependerá en gran medida del éxito en la contención del aumento de la temperatura media global. En 2007, el IPCC estableció el incremento de 2°C en la temperatura media global (respecto a la era pre-industrial, utilizada como referencia) como el límite a partir del cual el cambio climático resultaría peligroso. Mientras algunos investigadores defienden que este límite debería fijarse en 1,5°C, en el momento actual la temperatura media global ya ha aumentado 1°C. Para

evitar sobrepasar el límite de temperatura media global (ya sea 1'5 o 2°C), se han de realizar importantes reducciones en las emisiones de GEI (Figura 6).

Existe un amplio abanico de medidas agronómicas para reducir la emisión de GEI en los sistemas agrícolas españoles. Algunas de las más eficientes técnicas de mitigación en clima mediterráneo se dan en el marco de la fertilización, la gestión del riego, el secuestro de carbono en los suelos y la gestión de los periodos de inundación y cosecha de arrozales.

La fertilización es un manejo con el que se pueden lograr grandes tasas de reducción de

emisiones. Una fertilización optimizada mediante el **ajuste de la dosis de fertilizante** a los requerimientos del cultivo y la **sustitución de fertilizantes sintéticos por orgánicos**, unido a su correcto manejo, pueden llevar a una reducción de las emisiones de N₂O de hasta el 50% (Figura 7). Otras medidas de tipo tecnológico, como el **uso de inhibidores** de la actividad ureasa y de la nitrificación en cultivos fertilizados con productos de síntesis industrial, pueden llevar a una disminución de hasta un 60% en las emisiones directas de este gas (Sanz-Cobeña et al., 2016).

Igualmente, debido a las características de sus suelos y las bajas precipitaciones, la **gestión del agua de riego** es un factor fundamental en sistemas agrícolas mediterráneos, determinando la intensidad de las emisiones de N₂O. Estudios realizados en España muestran que en sistemas irrigados con riego por goteo las emisiones directas de este compuesto son hasta un 70% menores que en los cultivos irrigados en superficie con aspersión o "a manta" (Sanz-Cobeña et al., 2016. Figura 7).

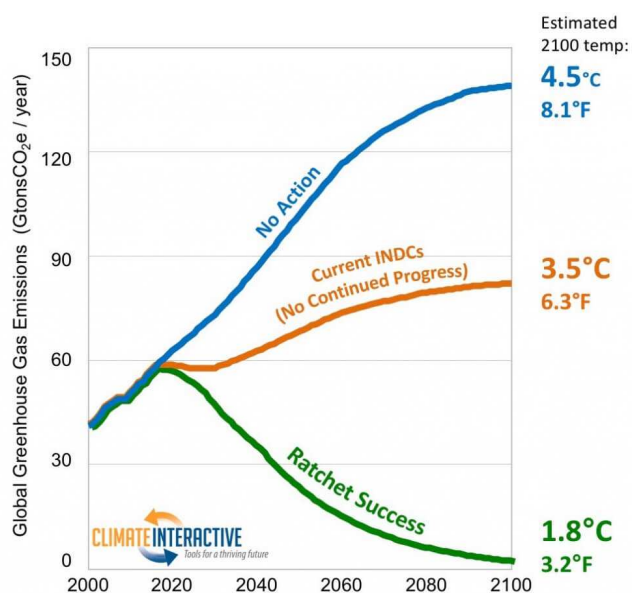


Figura 6: Incrementos de temperatura media global en 2100 en diferentes escenarios de emisión: tendencia actual (azul), compromisos del Acuerdo de París (naranja) y reducciones necesarias para limitar el aumento en 1,8°C (Climate Interactive, 2015)

En el caso del secuestro de carbono, el uso de **rotaciones de cultivos**, un **menor laboreo** y, sobre todo, el uso adecuado de **enmiendas orgánicas** pueden llegar a suponer un incremento de entre el 50 y el 70% del carbono almacenado en los suelos agrícolas.

Por otro lado, prácticas propias de sistemas de producción ecológicos, y empleadas también en sistemas agrícolas convencionales para prevenir pérdidas de nitrógeno por lixiviación, pueden ser estrategias de mitigación eficaces. Es el caso de la incorporación de **cubiertas vegetales** o la **introducción de leguminosas**, que producen una mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes nitrogenados y están vinculadas con menores emisiones indirectas derivadas de su fabricación.

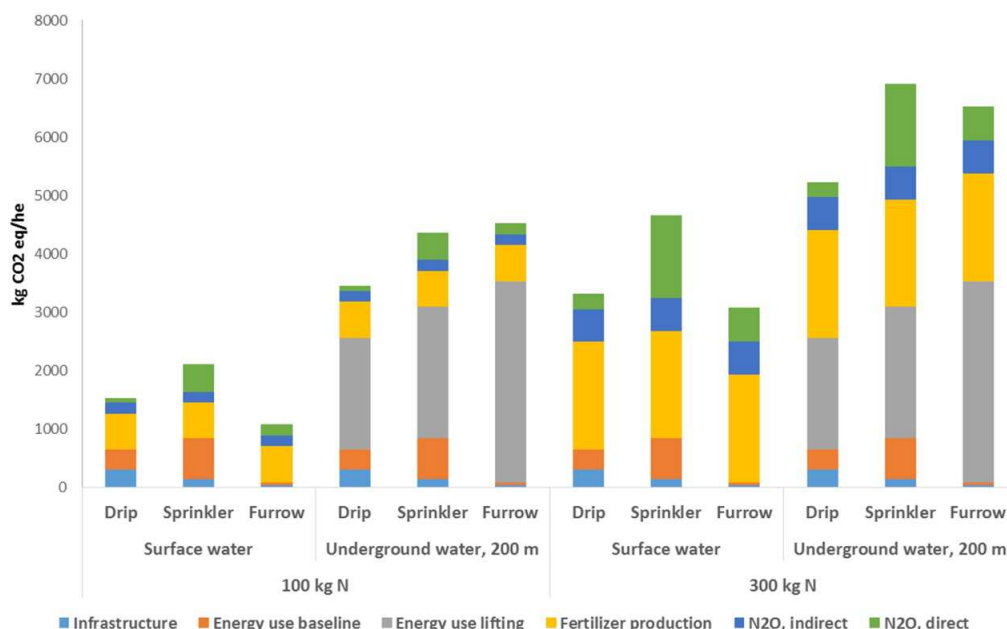


Figura 7: Comparación de las emisiones directas e indirectas con ajuste de la dosis de fertilizante, empleando agua de origen superficial ("surface water") o subterráneo ("underground water"), y con diferentes sistemas de irrigación ("drip" = goteo, "sprinkler" = aspersion, "furrow" = manta) (Sanz-Cobeña et al., 2016)

En el caso de las emisiones de metano, dado que este gas es originado principalmente en suelos encharcados propios de arrozales (además de en ganadería), es en el manejo en estos sistemas donde se debe incidir. En este sentido, un correcto manejo de los ciclos de inundación y de los residuos de cosecha, será efectivo en el control de estas emisiones en regiones arroceras como las del levante español (Sanz-Cobeña et al., 2016).

La mayoría de estas prácticas, además de reducir la emisión de GEI, tienen efectos beneficiosos para la mejora de la calidad del suelo, por lo que también favorecen la adaptación del sector agrícola al cambio climático.

Las prácticas agronómicas mencionadas han mostrado su eficacia para reducir la emisión de GEI en agrosistemas de clima mediterráneo. Sin embargo, la efectividad de cualquiera medida en la mitigación del cambio climático estará sujeta a las condiciones edafoclimáticas particulares de la zona de uso (Sanz-Cobeña et al., 2016).

5. Medidas estructurales frente al cambio climático

Junto con las medidas de naturaleza más agronómica que resulta necesario implementar para reducir las emisiones de GEI del sector agrícola español, existen otras de carácter estructural, que requieren del apoyo institucional mediante la puesta en marcha de políticas públicas y la predisposición a su adopción por parte de los diferentes sectores de la sociedad civil.

La potenciación y generalización de sistemas agrícolas ecológicos podría, según los resultados de estudios recientes (Aguilera et al., 2015) producir importantes reducciones en las emisiones de diferentes cultivos, especialmente en cereales, legumbres y verduras (Figura 8). Algunas de las prácticas consideradas dentro de los agrosistemas ecológicos han sido señaladas en las secciones 3 y 4.1, y, además de tener gran potencial para la mitigación del cambio climático, ofrecen oportunidades para la adaptación.

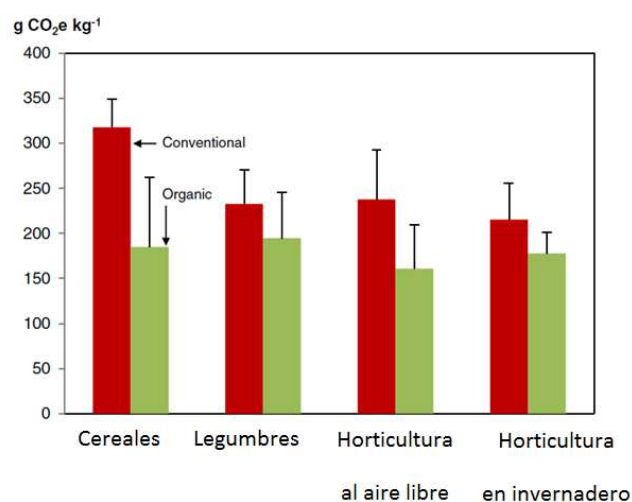


Figura 8: Comparación de las emisiones (gramos de CO₂ por kg de producto) en sistemas de cultivo convencionales (rojo) y orgánicos (verde). Aguilera et al., 2015a.

Igualmente, medidas como la **reducción del desperdicio de alimentos** tendrían un gran efecto sobre la mitigación del cambio climático. A nivel global, se desperdician un cuarto de los alimentos que se producen. Este porcentaje de desperdicio alimentario lleva asociado más de 3,3 gigatoneladas de CO₂ equivalente, cantidad inmediatamente por detrás de las emisiones nacionales de los dos mayores emisores (China y Estados Unidos). Del mismo modo, un 15% del consumo de agua mundial se dedica cada año a alimentos que finalmente no son consumidos, por lo que la reducción del desperdicio alimentario podría producir importantes ahorros hídricos. Algunas medidas propuestas con este fin son el fomento del consumo de hortalizas con formas no convencionales (en inglés "ugly food"), o la mejora de los sistemas de canalización de productos agroalimentarios hacia bancos de comida u otras estructuras sociales (Colombo et al., 2015).

Por otro lado, la **reducción de la ingesta de proteína de origen animal** (carne y productos lácteos) es también una estrategia con gran potencial de mitigación de GEI. En el caso de España, una recuperación de la tradicional dieta mediterránea contribuiría doblemente al descenso de las emisiones de GEI y del consumo de agua (Figura 9). Esta medida podría contribuir a una reducción de las emisiones de más del 30% (Gerber et al., 2013), y algunos estudios la señalan la disminución del consumo de carne como medida esencial para lograr los objetivos de mitigación internacionalmente establecidos (Bailey et al., 2014; Hedenus et al., 2014). Los potenciales perjuicios que esta medida pudiera tener sobre el sector ganadero pueden corregirse mediante la introducción de regulaciones económicas: una mayor oferta de carne de mejor calidad a un precio más elevado tendría triples beneficios sobre el medio ambiente, la economía y la salud (Springmann et al., 2016). Igualmente, esta medida reduciría la dependencia del sector agroalimentario español de la importación de piensos de terceros países (Lassaletta et al., 2014). Países como China están ya impulsando esta medida.

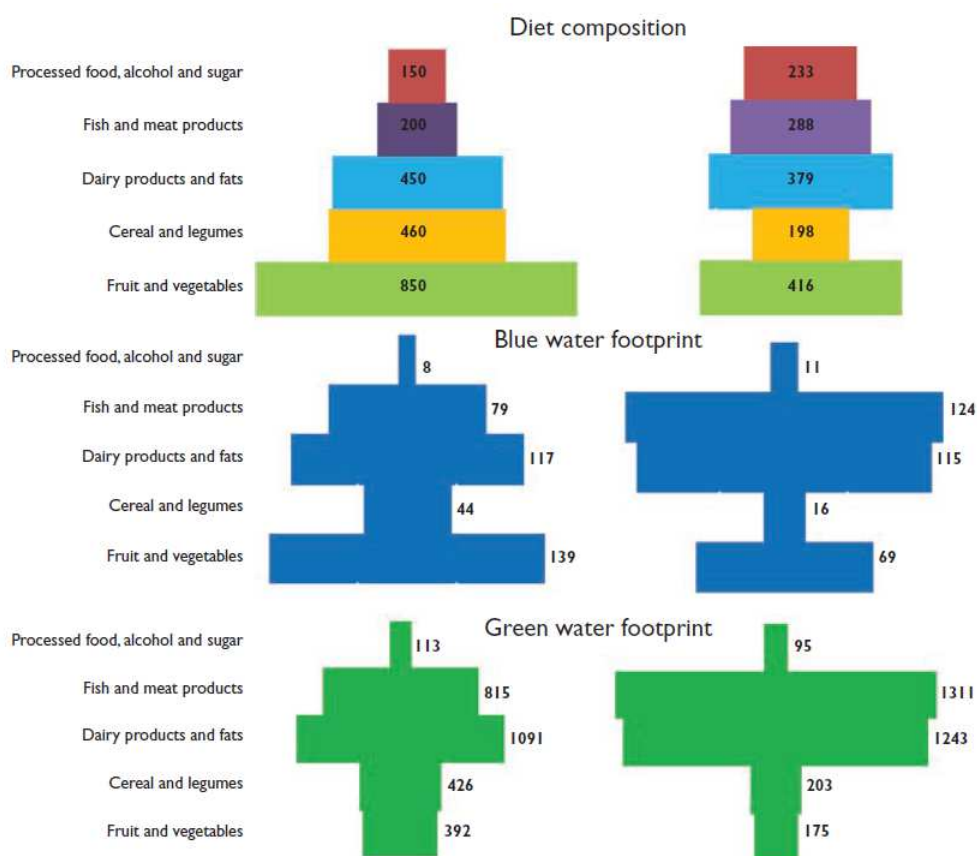


Figura 9: Comparación de la composición alimenticia (colores) y la huella hídrica (azul, verde) de la dieta mediterránea recomendada (izquierda) y la dieta media actualmente consumida en España (derecha). López-Gunn et al., 2013b

La introducción de este tipo de medidas requiere una correcta planificación por parte de las administraciones con el fin de no perjudicar a los sectores afectados. Con la correcta planificación y diálogo, las medidas estructurales tienen un gran potencial para la mitigación y adaptación al cambio climático, y también ofrecen importantes oportunidades a la multiplicidad de actores implicados.

6. Instituciones públicas, agricultura y cambio climático

Las instituciones públicas juegan un papel esencial en el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático. Es necesario, no obstante, que el diseño de los planes y acciones se efectúe con una visión global y de largo plazo, y hacerlo de manera coordinada entre todos los países. Por ejemplo, la limitación de las emisiones a nivel nacional mediante la externalización de las actividades

emisoras en terceros países puede resultar contraproducente si en el cómputo global de los GEI no se producen reducciones netas suficientes.

Por otro lado, resulta imprescindible la integración de las políticas públicas en diferentes niveles y ámbitos de administración:

- 1) Sectores de actuación con implicaciones en el cambio climático: políticas de clima, agrícolas, económicas, energéticas, etc.
- 2) Niveles administrativos: local, nacional, regional, internacional, etc.
- 3) Diferentes componentes de la cadena agroalimentaria, desde los productores a los consumidores.

Los objetivos y las estrategias de mitigación y adaptación acordados a nivel internacional o comunitario están recogidas en distintos textos legales relacionados con el sector agroganadero español. Los planes de acción actuales no tienen un carácter vinculante, al contrario que el reciente Acuerdo de París, cuyo cumplimiento es vinculante para los países miembros como España, y que será plasmado en una futura ley de cambio climático.

Para el debido cumplimiento de estos objetivos es imprescindible la elaboración de **inventarios de emisión**, con el fin de cuantificar los índices de emisión de los diferentes sectores y realizar su seguimiento. Mientras en ganadería estos inventarios están bastante avanzados, en agricultura están pendientes de realización.

En la siguiente tabla se destacan los puntos clave de algunos de los principales acuerdos y estrategias relacionadas con el cambio climático que afectan al sector agroalimentario español:

NACIONES UNIDAS / INTERNACIONAL	<p>Acuerdo de París (COP21) <i>Entrada en vigor:</i> 4 de noviembre 2016. España pendiente de ratificar (a 16 de noviembre de 2016). <i>Objetivo:</i> reducir las emisiones de GEI para evitar un aumento de la temperatura media global de más de 1,5-2°C (ref. periodo pre-industrial). Reglamentos de revisión de los objetivos de mitigación de cada país negociados en Marrakech (COP22, 7-18 noviembre 2016). <i>Compromiso UE y estados miembros</i> (INDCs, <i>Intended Nationally Determined Contributions</i>):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción del 40% de GEI en 2030 (ref. 1990). 2. Estrategia de inclusión de la agricultura, el sector forestal y otros usos de la tierra en las medidas de mitigación en 2020. 3. Ámbitos de compromiso dentro del sector agrario: ganadería, estiércoles, fertilizantes, tierras de cultivo, residuos agrícolas, pastos y arroz. 	
	<p>4 por mil <i>Objetivo:</i> incrementar la capacidad de absorción de carbono de los suelos agrícolas en un 0,4% (mejora de la calidad de los suelos y mitigación del cambio climático) <i>Instrumentos:</i> programas de formación, financiación y elaboración de políticas públicas</p>	
UNIÓN EUROPEA	<p>Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020 (Kyoto 2) Reducción del 20% de las emisiones en 2020 (ref. 1990), 10% en fuentes difusas (ej. Agricultura, ref. 2005)</p>	<p>Marco 2030 Reducción del 40% de las emisiones en 2030 (ref. 1990), 30% en fuentes difusas (ref. 2005)</p>
	<p>Hoja de ruta 2050 Objetivo: reducción del 80% de las emisiones en 2050 (ref. 1990). Pasos: 40% en 2030; 60% en 2040</p>	<p>Estrategia Europea de Adaptación Objetivos: 1) promover la acción de los estados miembros y apoyar mediante financiación de la adaptación; 2) promoción de la adaptación en sectores clave (ej. Agricultura); 3) mejorar el conocimiento sobre las medidas de adaptación.</p>
ESPAÑA	<p>PAC 2015-2020 Modificación de la condicionalidad con medidas específicas de gestión de suelos y cambio climático Inclusión de un componente ecológico (“pago verde”) en el sistema de pagos directos Programas específicos para el medioambiente y el clima dentro del Reglamento de Desarrollo Rural. 30% de los fondos FEADER para acciones climáticas y ambientales</p>	
	<p>Anunciada próxima Ley de Cambio Climático Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC): incorpora la Estrategia Europea de Adaptación Planes de adaptación a nivel autonómico y comunitario Inventarios de emisión en ganadería (no en agricultura)</p>	

Tabla 3: Acuerdos, estrategias y políticas de cambio climático en diferentes niveles de administración

7. Barreras para la implementación de medidas de adaptación y mitigación

La implementación de medidas de adaptación y mitigación en el sector agroganadero puede verse dificultada por la existencia de obstáculos de distinta índole. Es importante conocer estos obstáculos, o barreras, para poder emplear las herramientas adecuadas para su eliminación y asegurar el éxito de las estrategias contra el cambio climático.

La aparición de estas barreras es más evidente ante el desarrollo de medidas de mitigación, ya que requieren de acciones por parte de los actores del sector que, en apariencia, generan costes, pérdidas o dificultades. No obstante, también es frecuente encontrar reticencia frente a la necesidad de implementar medidas de adaptación de los agrosistemas al cambio climático, que pueden estar asociadas con la falta de información o capacitación necesarias, pero también por llevar vinculados costes inabarcables para ciertos productores. Por ello, en ocasiones, tras analizar las barreras frente a las medidas de cambio climático, será necesario diseñar instrumentos de apoyo que incentiven la aplicación de las necesarias medidas de mitigación y adaptación.

Algunos estudios han analizado las barreras sociales frente a las medidas de cambio climático (Sanz-Cobeña et al., 2016). En este apartado nos centraremos exclusivamente en las barreras ligadas a las prácticas agronómicas. No obstante, los cambios estructurales necesarios para reducir los impactos y magnitud del cambio climático también se enfrentan a importantes retos, que no deben ser ignorados previamente al inicio de cualquier medida.

Siguiendo la clasificación utilizada en Sanz-Cobeña et al. (2016), hemos clasificado las barreras a la implementación de medidas agronómicas entre técnicas, medioambientales, económicas y legales:

1. **Barreras ligadas a dificultades técnicas:** estas barreras afectan a la mayoría de medidas de mitigación, dado que el cambio de prácticas agronómicas puede requerir cambios en las infraestructuras y maquinaria agraria, así como capacitación técnica específica. Algunas de las medidas más sensibles a la aparición de las barreras técnicas son el ajuste de la dosis

- de fertilizante, la sustitución de fertilizantes sintéticos por insumos orgánicos, la inserción de cubiertas vegetales y la rotación de cultivos.
2. **Barreras económicas:** la incorporación de nuevas prácticas agronómicas suele requerir una cierta inversión inicial, que en ocasiones puede ser elevada. Es el caso de la instalación de sistemas de riego por goteo o la reducción del laboreo. En otros casos, la nueva práctica puede conllevar costes fijos asociados a su desarrollo, como en el caso del ajuste de las dosis de fertilizante o las cubiertas vegetales.
 3. **Barreras sociales:** este tipo de barreras suele estar asociado con las percepciones de los agricultores. Éstos pueden mostrar reticencia a la implementación de prácticas de mitigación de GEI por la fuerte impregnación de ciertas tradiciones, o por la creencia de que la incorporación de la práctica puede acarrear consecuencias negativas para su explotación. Esta barrera se presenta frecuentemente frente al ajuste de las dosis de fertilizantes o la sustitución de fertilizantes sintéticos por orgánicos.
 4. **Barreras medioambientales:** algunas medidas que son beneficiosas para la mitigación de GEI son, por el contrario, perjudiciales para otros aspectos del entorno natural. Por ejemplo, la aplicación de lodos de depuradora como fertilizante en los campos de cultivo está restringida por el riesgo de contaminación.

La mayoría de las barreras técnicas y sociales, así como las económicas, pueden neutralizarse mediante el asesoramiento técnico y la capacitación. En algunas circunstancias, como frente a ciertas barreras económicas, puede ser necesario el desarrollo de incentivos para motivar su aplicación, pero la mayoría de ocasiones la inversión necesaria se compensa con las ganancias asociadas a la práctica, e incluso pueden dar lugar a beneficios netos (reducción de las pérdidas de fertilizantes, mejora de los rendimientos, etc. Sanz-Cobeña et al., 2016).

Por otro lado, resulta imposible avanzar en la implementación de medidas efectivas de adaptación y mitigación al cambio climático sin la colaboración de todos los actores del sector agroalimentario. Por esta razón, la búsqueda del diálogo y el diseño de estrategias atractivas a las partes que puedan verse eventualmente perjudicadas por el desarrollo de este tipo de medidas es la estrategia más eficaz para lograr su éxito. La difusión sobre los beneficios de estas prácticas, tanto para la reducción de los GEI, como para el sector agrícola – por su incremento de la

capacidad de adaptación al cambio climático de los agrosistemas y de la productividad de los cultivos – es una estrategia muy eficaz para la eliminación de las barreras señaladas. Por ello, la inclusión de algunas de estas medidas en las políticas agrarias (como la nueva PAC) es un importante avance hacia el éxito en la mitigación y adaptación de los agrosistemas al cambio climático.

8. Conclusiones finales

Las principales ideas recogidas en este informe pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Las proyecciones de cambio climático señalan la aridificación de los ecosistemas en España, con la reducción de las precipitaciones medias anuales y el incremento de las temperaturas. Igualmente, se producirá el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos adversos, como sequías y lluvias torrenciales. Estas variaciones se desarrollarán de manera heterogénea a lo largo y ancho del país.
2. La reducción de la disponibilidad de agua es uno de los aspectos más relevantes en los escenarios de cambio climático futuros, y juega un papel especialmente notorio en el mantenimiento de los agrosistemas. Igualmente, la degradación de los suelos agrícolas puede suponer un importante desafío, para lo que habrá que diseñar medidas de prevención.
3. El sector agroganadero es un sector estratégico en el diseño de estrategias de mitigación y adaptación de cambio climático debido a su doble potencial de agravante del cambio climático como de mitigador del mismo, así como su fuerte dependencia de condiciones climáticas estables y predecibles.
4. En el momento actual resulta necesario el desarrollo de medidas de adaptación dentro del sector agrícola español. La magnitud de esta necesidad (y los costes o dificultad asociados) dependerá del resultado de las acciones emprendidas para reducir la emisión de GEI.
5. El diseño de estrategias y acciones de mitigación y adaptación ha de realizarse a nivel local, teniendo en cuenta las características socioeconómicas de la región, las previsiones de cambio climático específicas y la tipología de cada cultivo concreto.
6. Existen ciertas barreras que pueden dificultar la puesta en marcha o el éxito de las políticas públicas de cambio climático, por lo que hay que estudiarlas en la fase de diseño de estas políticas. Además, mientras algunas acciones

(principalmente de adaptación) serán implementadas de manera natural por los agricultores, otras requerirán el desarrollo de incentivos que motiven a su adopción. En otras ocasiones será necesario el establecimiento de medidas impositivas.

7. Junto con las prácticas agronómicas, existe una serie de prácticas estructurales que ofrecen importantes oportunidades para la reducción de la emisión de GEI. Algunas de estas medidas son la potenciación de los sistemas agrícolas ecológicos, la reducción del desperdicio de alimentos, y la recuperación de la dieta mediterránea más equilibrada en el contenido de proteína de origen animal. Estas estrategias deberán ser apoyadas tanto por las administraciones públicas como por el sector privado, y ocasionalmente requerirán la introducción de mecanismos de ajuste para evitar daños en los distintos eslabones de la cadena agroalimentaria.

Bibliografía

- Aguilera, 2016, *The influence of management practices on the greenhouse gas balance of Mediterranean cropping systems. Identifying the climate change mitigation potential through quantitative review and life cycle assessment*, tesis doctoral, Universidad Pablo de Olavide.
- Aguilera, E., Guzmán, G., Alonso, A., 2015a, *Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops*. Agronomy for Sustainable Development, vol. 35., Issue 2, 713-724.
- Aguilera, E., Guzmán, G., Alonso, A., 2015b, *Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. II. Fruit tree orchards*. Agronomy for Sustainable Development, vol. 35., Issue 2, 725-737.
- Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A., Gimeno, B.S., 2013, *Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis*. Agriculture Ecosystems & Environment 168: 25-36.
- Bailey, R., Froggatt, A., y Wellesley, L., 2014, *Livestock – Climate Change's Forgotten Sector*, Chatham House.
- Banco Mundial, indicadores sobre agricultura (visitada por última vez el 2 de noviembre de 2016): <http://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS>
- Bardají, I., Iglesias, A., "Mitigación y adaptación al cambio climático. Perspectivas políticas y la nueva PAC", en Bardají, A., *Reflexiones en torno a la PAC*, Ed. Cajamar Caja Rural, 2014, 177-200.
- Bates, B.C.; Kundzewicz, Z.W.; Wu, S. & Palutikof, J.P., 2008, *Climate Change and Water. Technical Paper of the Inter-Governmental Panel on Climate Change*. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 210.
- CAIT Climate Data Explorer, <http://cait.wri.org/>
- CEDEX, 2011, Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen Natural.
- Chico, D., y Garrido, A., *Overview of the extended water footprint in Spain: The importance of agricultural water consumption in the Spanish economy*, en De Stefano, L. y Llamas, M.R., *Water Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, CRC Press, Londres, 2013, p. 75-85.
- Ciscar, J.C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabó, L., Van Regemorter, D., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O.B., Dankers, R., Garrote, L., Goodness, C.M., Hunt, A., Moreno, A.; Richards, J., y Soria, A., 2011, "Physical and economic consequences of climate change in Europe", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* (108); pp. 2678-2683.
- Climate Interactive: <https://www.climateinteractive.org/>
- Colombo B., Engstrom P., MacDonald, G., Reich, A., Urevig, P.W., 2015. *Waste Not, Want Not?*, Environment Reports: Food Matters.
- Colombo B., West P., Smith P., Tubiello F.N., Gerber J., Engstrom P., Urevig A., Wollenberg E., 2016, *How Does Agriculture Change Our Climate?* Environment Reports: Food Matters.
- Dara Impact Matters, 2012, *Climate Vulnerability Monitor* 2nd Edition.
- De Stefano, L., Martínez-Cortina, L., y Chico, D., "An overview of groundwater resources in Spain", en De Stefano, L. y Llamas, M.R., *Water Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, CRC Press, Londres, 2013, p. 87-104.
- ESYRCE (Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos de España), 2015, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- FAOSTAT Emissions, base de datos de la FAO sobre emisiones de la agricultura y uso de la tierra. Disponible en: http://faostat3.fao.org/download/G1/*/E
- Felber, C., "La economía del bien común", Ed. Deusto, Barcelona, 2012, 288p.
- Garrido, A.; Llamas, M.R.; Varela-Ortega, C.; Novo, P.; Rodríguez-Casado, R. & Aldaya, M.M., "Water Footprint and Virtual Water Trade in Spain: Policy Implications", Springer, New York, 2010.
- Garrido, A., Willaarts, B., López-Gunn, E. y Rey, D., "Considerations on climate variability and change in Spain", en De Stefano, L. y Llamas, M.R., *Water Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, CRC Press, Londres, 2013, p. 191-203.
- Garrote, L., Iglesias, A., Granados, A., Mediero, L., Martín-Carrasco, F., 2015, *Quantitative Assessment of Climate Change Vulnerability of Irrigation Demands in Mediterranean Europe*. Water Resources Management. 29, 325-338.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falucci, A., y Tempio, G., 2013, *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Giorgi, F. y Lionello, P., 2008, *Climate Change projections for the Mediterranean region*. Global Planet Change, 63: 90-104.
- Hedenus, F., Wirsenius, S., y Johansson, D.J.A., 2014, *The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets*. Climatic Change. 124 : 79-91.
- Hispagua (Sistema Español de Información sobre el Agua): <http://hispagua.cedex.es/instituciones/demarcaciones>
- Hoekstra, A.Y., *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water, Research Report Series, 12, UNESCO-IHE, 2003.*
- Iglesias, A., Quiroga, S., y Schlickerrieder, J., 2010. *Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain*. Clim. Res. 44, 83-94.
- Iglesias, A., Quiroga, S., y Sotés, V., 2011, *La agricultura española y el cambio climático*, Revista del Colegio de Economistas de Madrid, 29(127): 19-26.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2016, *Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario. Año 2014.*
- International Energy Agency: <http://www.iea.org/>
- Lassaletta, L., Aguilera, E., Sanz-Cobeña, A., Pardo, G., Billen, G., Garnier, J.A., y Grizzetti, B., 2014, *Leakage of nitrous oxide emissions within the Spanish agro-food system in 1961–2009*, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change.
- Llamas, M.R., De Stefano, L., Aldaya, M., Custodio, E., Garrido, A., López-Gunn, E., y Willaarts, B., F., "Introduction", en De Stefano, L. y Llamas, M.R., *Water Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, CRC Press, Londres, 2013, p. 1-21.
- López-Gunn, E., Cabrera, E., Custodio, E., Huertas, R., y Villarroya, F., "Institutional reform in Spain to address water challenges", en De Stefano, L. y Llamas, M.R., *Water Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, CRC Press, Londres, 2013a, p. 45-63.

- López-Gunn, E., Willaarts, B., Dumont, A., Niemeyer, I., y Martínez-Santos, P., "The concept of water and food security in Spain", en De Stefano, L. y Llamas, M.R., *Water Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, CRC Press, Londres, 2013b, p. 23-33.
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S.M., López-Moreno, J.I., Morán-Tejada, E., y Zabalza, J., 2012, *Recent trends in Iberian streamflows (1945-2005)*. Journal of Hydrology, 414-415: 436-475.
- MAGRAMA, 2011, "Anuario de estadística agraria", Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- MAGRAMA, 2016, "La contribución del sistema agroalimentario a la economía española. (Actualización ejercicio 2014)." Análisis y Perspectiva - Serie AgrInfo nº 27.
- MAGRAMA, página web: www.magrama.gob.es
- Ponti, L., Gutierrez, A.P., Ruti, P.M., Dell'Aquila, A., 2014, *Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA.
- Porter, J.R., Semenov, M.A., 2005, *Crop responses to climatic variation*. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 360, 2021-2035.
- Sanz-Cobena, A., Lassaletta, L., Aguilera, E., Garnier, J., Billen, G., Iglesias, A., Sánchez, B., del Prado, A., Guardia, G., Abalos, D., Plaza-Bonilla, D., Puigdueta, I., Moral, R., Galán, E., Arriaga, H., Merino, P., Infante-Amate, J., Meijide, A., Pardo, G., Alvaro-Fuentes, J., Gilsanz C., Báez, D., Doltra, J., González, S., Cayuela, M.L., Menendez, S., Diaz-Pines, E., Le-Noe, J., Quemada, M., Estellés, F., Calvet, S., van Grinsven, H., Yáñez, D., Westhoek, H., Sanz, M.J., Sánchez-Jimeno, B., Smith, P., Vallejo, A., 2016, *Strategies for GHG mitigation in Mediterranean cropping systems. A review*, Agriculture, Ecosystems & Environment.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Wiebe, K., Godfray, H.C.J., Rayner, M. y Scarborough, P., 2016, *Mitigation potential and global health impacts from missions pricing of food commodities*, Nature Climate Change.
- Stalker P., Technologies for adaptation to climate change. UNFCCC Climate Change Secretariat, Bonn, 2006. Disponible en http://unfccc.int/resource/docs/publications/tech_for_adaptation_06.pdf
- Steffen, W., Persson, A., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Crumley, C., Crutzen, P., Folke, C., Gordon, L., Molina, M., Ramanathan, V., Rockstrom, J., Scheffer, M., Schellnhuber, H.J., Svedin, U., 2011, *The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship*. Ambio 40, 739-761.
- Tubiello, F.N., Salvatore, M., Ferrara, A.F., House, J.I., Federici, S., Rossi, S., Biancalani, R., Golec, R.D.C., Jacobs, H., Flammini, A., Prospero, P., Cardenas-Galindo, P., Schmidhuber, J., Sanchez, M.J.S., Srivastava, N., Smith, P., 2015, *The Contribution of Agriculture, Forestry and other Land Use activities to Global Warming, 1990-2012*, Global Change Biol. 21, 2655-2660.

Memorandos Opex de reciente publicación

- 212/2016: **La regulación del mercado de cannabis en Uruguay. Proyección de resultados.** Diego Sanjurjo
- 211/2016: **Panorama económico de América Latina: nuevos y viejos desafíos.** Julimar da Silva Bichara
- 210/2016: **La última apuesta de la transición Libia: rehabilitación institucional o descomposición estatal.** Ignacio Gutiérrez de Terán Gómez-Benita
- 209/2016: **La política de desarrollo sostenible de España en la próxima legislatura: la agenda 2030.** Kattya Cascante
- 208/2016: **La innovación en España: capacidades y financiación.** Isabel Álvarez
- 207/2016: **Venezuela: ¿y ahora qué?** Manuel Hidalgo
- 206/2016: **¿Quién tiene la culpa del déficit?** Santiago Díaz de Sarralde
- 205/2016: **Irán tras las elecciones legislativas y de asamblea de expertos 2016.** Luciano Zaccara
- 204/2016: **La crisis migratoria de la UE: estado de la cuestión.** Juan Antonio Pavón Losada
- 203/2016: **La senda de estabilidad presupuestaria: necesidad y viabilidad de un aplazamiento en el objetivo de déficit.** Carlos Garcimartín Alférez
- 202/2016: **Las prioridades económicas del nuevo gobierno.** Santiago Díaz de Sarralde
- 201/2016: **Cien días de consenso en política exterior.** Vicente Palacio.
- 200/2016: **Informe de evaluación del Acuerdo de París (COP21).** Ana Belén Sánchez.
- 199/2015: **Elecciones Turquía: más poder para Erdogan.** Carmen Rodríguez López y Antonio Ávalos Méndez.
- 198/2015: **La nueva agenda de desarrollo para el 2030: financiación y sostenibilidad.** Kattya Cascante.
- 197/2015: **Siria: una posible salida al conflicto.** Observatorio de política exterior española de Fundación Alternativas.
- 196/2015: **La Unión Europea ante el asilo y la inmigración: más compromiso y más ambición.** Juan Antonio Pavón Losada.
- 195/2015: **Nuevo gobierno israelí: viejos dilemas, nuevos retos.** Ignacio Álvarez-Ossorio Alvariño
- 194/2015: **Yemen: rumbo al estado fallido crónico.** Ignacio Gutiérrez de Terán
- 193/2015: **Mercado único digital, PYMEs y el plan de inversiones Juncker para la Unión Europea.** Juan Antonio Pavón Losada.
- 192/2015: **La apertura de Obama hacia Cuba: una oportunidad hemisférica.** Jorge José Hernández Moreno, Manuel Iglesias Cavicchioli.
- 191/2015: **El año dual España-Japón: un prometedor impulse a las relaciones comerciales.** Juan José Prieto Gutiérrez.

Para consultar toda la serie de Memorandos Opex en versión online y visitar nuestra página web: <http://www.fundacionalternativas.org/observatorio-de-politica-exterior-opex>