EMPIEZA LA CUENTA ATRÁS

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA ESPAÑOLA

COAG

Resumen 1

El cambio climático 2

El impacto del cambio climático en la agricultura en España 5

El impacto en el Viñedo 9

El impacto en los Cereales 14

El impacto en el Olivar 19

El impacto en la Dehesa 26

Conclusiones 30

Bibliografía 33

INTRODUCCIÓN

Se dice que el campo siempre está pendiente del cielo porque de él ha dependido siempre para llenar graneros, bodegas o almazaras. De hecho, la agricultura y la ganadería son de las actividades más sensibles a variables como la temperatura o la humedad y, por lo tanto, más expuestas están a las adversidades climáticas. Esta relación tiene profundas implicaciones principalmente para la seguridad alimentaria, como se pudo comprobar en 2008 y 2011 cuando, junto a otros factores, una serie de malas cosechas ayudaron a desatar una crisis que generó inestabilidad política y disturbios sociales en varios países. Es por ello por lo que el cambio climático se plantea como uno de los grandes retos para la agricultura y la alimentación, dado que las consecuencias del aumento de la temperatura podrían alterar el frágil equilibrio en el que se desarrollan muchos cultivos. Este riesgo es mayor en los países del Mediterráneo, una de las regiones más afectadas por el calentamiento global, y específicamente en España, donde un 75% de su superficie sufre ya algún tipo de riesgo de desertificación. Además, la producción agroalimentaria es uno de los principales y más dinámicos sectores de nuestra economía, siendo el que más contribuye a vertebrar el territorio y luchar contra el despoblamiento.

Pero ¿Qué efectos tendrá el cambio climático en nuestra producción agraria? ¿Cómo afectará cada grado de calentamiento a nuestros cultivos? Aunque puedan aparecer diferencias regionales, ningún área o cultivo es inmune al calentamiento global, por lo que es importante conocer hasta qué grado se podrían ver afectadas nuestra agricultura y ganadería en distintos escenarios. Por eso analizamos cuatro sistemas agrarios de gran importancia en España: el olivar, el viñedo, los cereales y la dehesa, que representan nuestro patrimonio, nuestro paisaje y nuestra gastronomía, que son parte de nuestra cultura y de nuestra imagen en el exterior, y que constituyen además una gran atracción para el turismo. A través del estudio del impacto, podremos ver qué coste podría llegar a tener el que no se realicen los esfuerzos necesarios de reducción de las emisiones.

EL CAMBIO CLIMÁTICO

El crecimiento de la población y de los niveles de consumo han generado en los últimos dos siglos un vertiginoso incremento de la demanda de todo tipo de recursos, lo que está causando grandes impactos globales sobre el planeta. El mayor de todos ellos es el causado por el incremento de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como el metano (CH4), el óxido nitroso (N2O) y el dióxido de carbono (CO2), que alteran la composición de la atmósfera. Aunque estos gases pueden proceder también de fuentes naturales, los atribuidos directa o indirectamente a actividades humanas constituyen el mayor aporte, especialmente la combustión de hidrocarburos fósiles. La emisión de estos gases ha sido la causa principal de un calentamiento totalmente inusual durante los últimos 150 años de 1,07°C (IPPC 2021). Este proceso, que se conoce como cambio climático, es uno de los grandes desafíos para nuestro futuro en este planeta.

El cambio climático es un proceso inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. Asociados a este calentamiento también se ha producido de forma clara un aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos como olas de calor, sequías y precipitaciones intensas desde 1970 (Castro et al. 2005). Pero el cambio climático no es un proceso homogéneo. Por ejemplo, las observaciones de series históricas indican que los cambios en las temperaturas son más intensos en las regiones septentrionales y en las zonas terrestres; o mientras que las precipitaciones a lo largo del siglo aumentaron en Europa septentrional y América del Norte, disminuyeron al mismo tiempo en zonas como el Sahel y en el Mediterráneo (IPCC 2014).

Este proceso se ha venido analizando en el caso concreto de España, una de las regiones europeas con mayores impactos potenciales por incrementos del estrés

térmico y de la escasez de agua (Giorgi 2006), y donde en los últimos 30 años los grandes desastres relacionados con el clima han provocado unas pérdidas de 25.000 millones de euros a valor actual para el conjunto de la economía, la mitad de ellos por sequía (CRED 2021)[1] . A pesar de la incertidumbre proveniente de su alta variabilidad, se ha podido constatar que, durante el siglo XX, y sobre todo desde la década de los 70, las temperaturas en España han aumentado con una magnitud algo superior a la media global del planeta (Castro et al. 2005). Al mismo tiempo, también han disminuido las precipitaciones durante este periodo, sobre todo en la parte meridional (Moreno, 2005), y aumentado significativamente su variabilidad, concentrándose cada vez más en el otoño y en el invierno.

El resultado de este proceso ha sido una menor disponibilidad y calidad de agua lo que, unido a una mayor concentración de la población en zonas urbanas, un aumento de los desplazamientos estacionales y unos controles inadecuados de su uso, han incrementado el impacto de la sequía en España. La sequía afecta a la mayoría del territorio y suponen actualmente unas pérdidas anuales de alrededor de 1.500 millones de euros en España (Feyen et al. 2020), especialmente en el sector agrario y energético.

El nivel de emisiones de gases de efecto invernadero y su acumulación en la atmósfera determinarán en gran medida el calentamiento global a finales del siglo XXI, y sus efectos podrían perdurar durante décadas o siglos. De hecho, ciertos impactos serían ya inevitables ya que incluso las mejores estimaciones sugieren que, aunque las temperaturas se estabilizasen en un mundo sin emisiones, su efecto se seguiría notando a largo plazo (IPPC 2021).

[1] No incluyen todas las pérdidas, sólo las notificadas como desastres naturales y que han ocasionado al menos una de las siguientes condiciones:

- Diez o más personas declaradas muertas
- Cien o más personas afectadas
- Declaración del estado de emergencia
- Petición de ayuda internacional

El incremento global de las temperaturas se espera alcance los 1,5°C respecto a niveles preindustriales[2] sobre 2030 y, si no se producen profundas reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero en las próximas décadas, podría llegar a los 4°C a finales del siglo XXI (IPPC 2021). No obstante, si continuamos con los niveles actuales de emisiones, el escenario más probable sería que superemos los 2°C en 2050 y lleguemos cerca de los 3°C en 2100 (Rogelj et al. 2016). Las consecuencias podrían llegar a ser dramáticas, ya que el incremento gradual de la temperatura aumentaría de forma claramente perceptible la intensidad y frecuencia de extremos climáticos como olas de calor, lluvias torrenciales y sequías (IPCC 2014). Aunque estos eventos se producirían con distinta intensidad en las diferentes zonas, en caso de que se sobrepasaran los 3°C llegarían a representar un alto riesgo en cualquier región del planeta (IPCC 2021). Un incremento tan elevado podría suponer unas pérdidas de alrededor del 17% del PIB mundial respecto a un escenario sin cambio climático, especialmente en los países menos desarrollados (Guo et al. 2021). Pero como se ha mencionado previamente, el calentamiento no es un proceso homogéneo, sino que sería mayor en zonas como el Mediterráneo, donde se sufriría un incremento significativo de estos fenómenos adversos al alcanzarse los 2 °C (IPCC 2021). Con esta temperatura, que se alcanzaría en 2050 con el nivel actual de emisiones, España podría llegar a perder un 7% del PIB (Guo et al. 2021), con los daños ocasionados por sequías llegando a multiplicarse hasta por 3 (Feyen et al. 2020). Aunque parte de estas pérdidas podrían reducirse mediante medidas de adaptación, la capacidad que ofrecen está sujeta a unos límites (Dow et al. 2013) que podrían verse claramente sobrepasados si no hay una clara reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Una de las actividades humanas más afectadas por el incremento de estos fenómenos climáticos sería la agricultura. El efecto negativo que podría ocasionar en la productividad de los cultivos podría llegar a poner en peligro la seguridad

[2] Objetivo establecido en los Acuerdos de París de reducción de emsiones.

alimentaria para gran parte de la población, y más teniendo en cuenta que se prevé que la demanda mundial de alimentos aumente entre un 35% y un 50% entre 2012 y 2050 (FAO 2019).

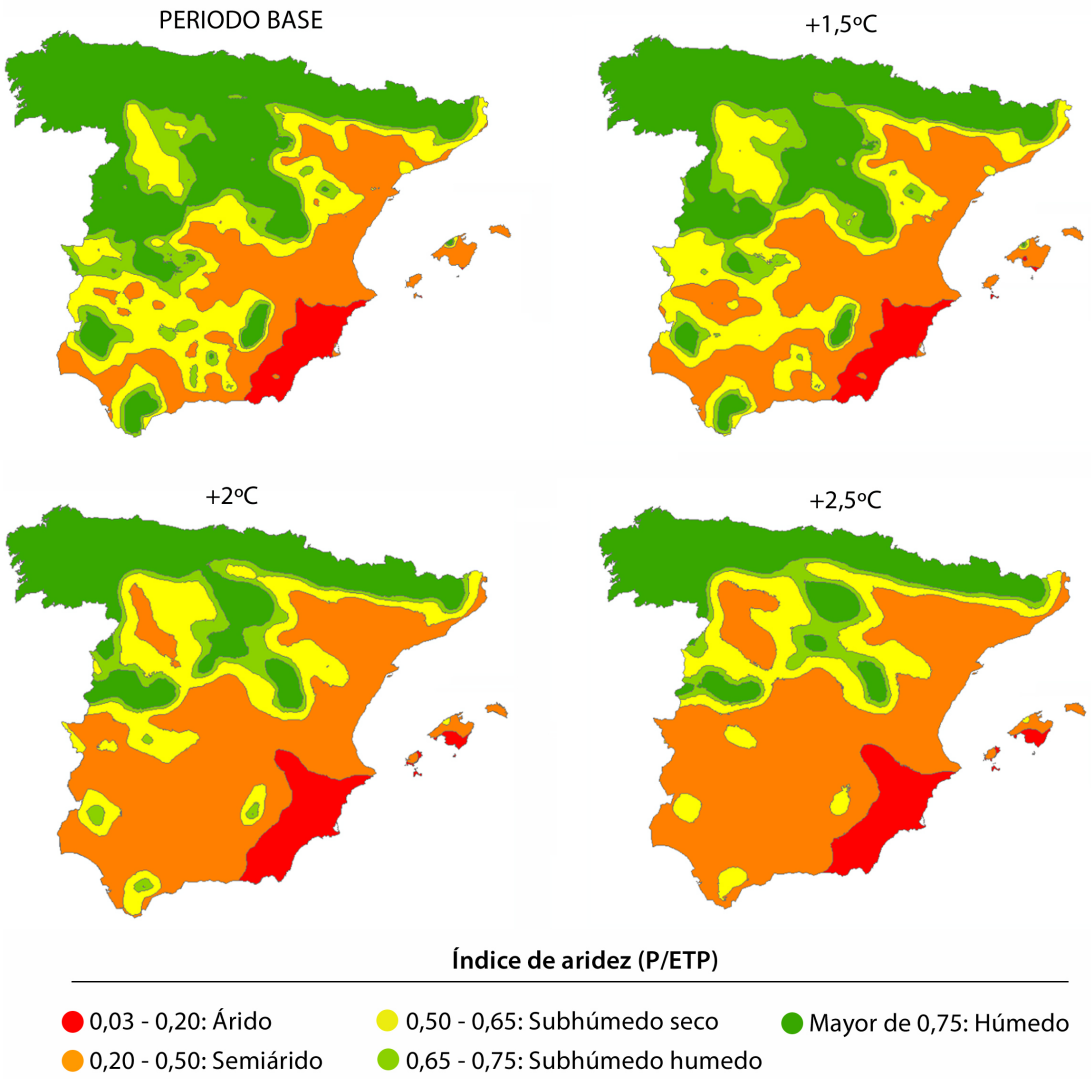
EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA EN ESPAÑA

El sector agroalimentario, uno de los motores de la economía española, representa 5,8% del PIB (11% si incluimos al comercio). Es uno de los cinco sectores con mayor volumen de exportación y, con cerca de 50.000 millones de euros, representa un 17% del total de bienes exportados con un superávit comercial que roza el 1% del PIB (Montoriol-Garriga 2020). Pero el sector depende de una producción agraria amenazada por el cambio climático, por lo que el aumento de la temperatura podría desencadenar una serie de efectos con importantes consecuencias para el medio agrario y para el conjunto de la economía.

Pero ¿qué efectos produciría un calentamiento global en la agricultura? En general, un aumento de la temperatura alargaría la estación de crecimiento de los cultivos y aceleraría su desarrollo, pero también podría provocar alteraciones fisiológicas si se superan ciertos umbrales. Estas podrían provocar daños tanto en la calidad nutricional y organoléptica como en la productividad, y llegar a desplazar o reducir las áreas de crecimiento óptimo.

Claramente sensibles a estos fenómenos son zonas como el Mediterráneo (Giorgi 2008), donde la producción agrícola es especialmente vulnerable debido a una alta proporción de suelos pobres con bajos niveles de precipitación (Caraveli 2000). Un aumento de la temperatura acompañado de un descenso de la humedad disponible incrementaría el ritmo de aridificación, lo que sería especialmente grave en España (ver gráfica 1), donde el riesgo de desertificación afecta en distinto grado al 75% de la superficie (Sanjuán et al. 2014; MAPAMA 2016). Las consecuencias directas serían claramente negativas en la agricultura de secano, pues no llegarían a ser compensadas por el efecto estimulante del CO2 en la fotosíntesis (Obermeier et al. 2016). Indirectamente también afectaría a la agricultura de regadío, puesto que, si se mantuvieran las condiciones de cultivo actuales, aumentarían las necesidades netas

de riego (Döll y Siebert, 2002; Döll et al. 2003, González-Zeas et al. 2014, Garrote et al. 2015) mientras disminuyen al mismo tiempo las reservas de agua disponibles. Estas reservas podrían reducirse hasta un 3% con un calentamiento de 1,5°C o más de 11% con un calentamiento de 2°C (CEDEX 2017), algo especialmente grave cuando en estos momentos hasta un 25% de los acuíferos corren algún tipo de riesgo (CE 2019). Hay que tener en cuenta que, en la actualidad, el riego constituye actualmente un 70% de las extracciones de los recursos hídricos, aunque solo el 50% alcanza los cultivos debido a las pérdidas en las infraestructuras de irrigación (Fischer et al. 2012).



Gráfica 1. Evolución interpolada del índice de aridez respecto al periodo base 1971-2000 (arriba izquierda) con una estimación de calentamiento de 1,5 °C (arriba derecha), 2°C (abajo izquierda) y 2,5 °C (abajo derecha) partiendo de niveles preindustriales. Se puede observar un acusado incremento de la aridez, sobre todo de la categoría del semiárido (MAGRAMA 2016).

Actualmente, la siniestralidad causada por los fenómenos climáticos extremos puede llegar a suponer una pérdida de al menos un 6% del valor de la producción agraria cada año[3]. El cambio climático incrementaría la intensidad y frecuencia de estos fenómenos, como parece confirmar el incremento de los daños asociados en los últimos años[4] [5]. Por ejemplo, los pedriscos se producen antes de lo que era habitual, tienen una mayor duración, abarcan extensiones mucho más grandes y presentan una mayor virulencia (Mohr et al. 2015). También ha aumentado la frecuencia e intensidad de otros fenómenos como la sequía (IPCC 2021), cuya incidencia podría aumentar entre 5 y 10 veces con un calentamiento superior a los 1,5 o 2°C (MedCC 2020).

Por otro lado, la disminución de la cubierta vegetal por el aumento de las temperaturas y el descenso de las precipitaciones, unido a la mayor concentración de estas en forma de lluvias torrenciales, podría aumentar la erosión del suelo e incrementar aún más el riesgo de desertificación. Varios estudios estiman que actualmente 250.000 hectáreas se encuentran en riesgo severo de erosión en España, y que esta ocasiona al menos una pérdida de productividad del 1% anual y una mayor necesidad de fertilizantes, con un coste estimado de 60 millones de euros anuales (Panagos 2018).

Asimismo, el aumento esperable del nivel del mar también puede tener consecuencias en los sistemas agrícolas costeros. En primer lugar, disminuiría el área cultivable por ejemplo para el arroz en los deltas y marismas, mientras que las intrusiones de agua de mar salina en acuíferos costeros aumentaría su salinización, perjudicando a los cultivos de regadío.

[3] Datos estimados a partir de la siniestralidad declarada por Agroseguro.
[4] https://elpais.com/economia/2021-07-12/el-cambio-climatico-dispara-la-siniestralidad-en-el-sector-agrario.html.
[5] https://agroseguro.es/blog/post/titulo/agroseguro-cierra-2021-como-el-segundo-ano-con-mayores-indemnizaciones-de-su-historia-722-millones

Por último, la sensibilidad de los patógenos y diversas plagas a los factores climáticos, sugiere que el cambio climático puede aumentar la aparición e intensidad de algunas enfermedades o plagas perjudiciales en los cultivos, sobre todo en zonas más húmedas y templadas. Por ejemplo, el aumento de eventos climáticos extremos podría aumentar la susceptibilidad a las enfermedades; o en las zonas de clima más cálido como el mediterráneo, favorecer el establecimiento de especies exóticas invasoras o de nuevas plagas y enfermedades (AEA 2007; EFSA 2020).

El carácter y la fuerza de todos estos efectos dependerían de la forma en que interactuaran entre sí, de la propia intensidad del cambio climático, así como de la propia capacidad del sistema de absorber estos impactos. Ciertas medidas de adaptación podrían limitar un aumento de las pérdidas, pero siempre que el calentamiento no sobrepasara determinados límites. Por ejemplo, el seguro agrario, una de las piezas claves de la política agraria especialmente en España, podría tener dificultades para ofrecer una cobertura asequible por el incremento del riesgo; y suficiente, porque sólo cubrirían pérdidas sobre un rendimiento medio que se podría encontrar en claro descenso ante una acumulación de siniestros.

Para analizar más en detalle alguno de estos fenómenos, a continuación describimos cómo pueden producirse estos procesos en algunos de los principales cultivos en España. En concreto, se han seleccionado el olivar, el viñedo y los cereales ya que en conjunto ocupan más de un 50% de la superficie de cultivo, están distribuidos por gran parte de la superficie nacional, tienen una gran importancia económica y están ligados a productos básicos de nuestra gastronomía y cultura. Otro factor no menos importante, es que los tres están más expuestos que otros cultivos al clima porque cuentan con grandes extensiones en secano. También se ha incluido la dehesa como caso de estudio, por su alto valor ambiental y su riqueza en recursos agroforestales, que es clave para la ganadería extensiva.

EL IMPACTO EN EL VIÑEDO

El viñedo es un auténtico motor económico para muchas regiones rurales. Su cultivo permite al sector agrario obtener una renta por la venta de la uva de más de 1.300 millones de euros anualmente (MAPA 2021). Más de 4.000 bodegas y cooperativas transforman esa uva en vino por toda nuestra geografía, al ser una actividad muy apegada al territorio. Ambas en conjunto facturan 5.381 millones de euros al año, a la vez que crean empleo de calidad, atraen turismo, invierten en innovación y tienen una clara vocación exportadora. De hecho, España es uno de los tres grandes exportadores mundiales, y sólo en 2020 el valor de esas exportaciones superó los 2.600 millones de euros.

España cuenta con cerca de 1 millón de hectáreas de uva para vinificación, siendo el país con la mayor superficie del mundo. Aunque el cultivo está presente en todas las comunidades autónomas, casi la mitad de la superficie vitícola se encuentra en Castilla-La Mancha. En esta superficie se obtiene una producción media anual de vino y mosto alrededor de 40 millones de hectolitros, aunque con oscilaciones debidas a la climatología. También hay que resaltar que más de la mitad de este vino se encuentra dentro de alguna indicación geográfica de calidad.

El viñedo es un cultivo muy bien adaptado al clima mediterráneo de la península ibérica. Es especialmente resistente a las condiciones semi-áridas, lo que ayuda a explicar que sea un cultivo tan extendido en toda España. A pesar de esta buena adaptación, para mejorar la rentabilidad y sobre todo para reducir riesgos climáticos, el regadío ha ido incrementándose en los últimos años y actualmente supone un 40% de la superficie, aunque en Castilla-La Mancha esta cifra llega al 60%.

No obstante, el cambio climático puede suponer un cambio importante en las condiciones del cultivo y dada la importante influencia del clima sobre la fisiología

de la vid permite predecir importantes efectos potenciales sobre su producción.

En primer lugar, un calentamiento de la atmósfera podría ocasionar alteraciones en la fenología de la vid, adelantando etapas y aumentando sus periodos activos. Esto podría afectar principalmente al potencial de maduración de la uva e incluso al rendimiento de la vid (Kenny y Harrison 1992; Schultz 2000; Jones et al. 2005; Santos et al. 2012). Al adelantarse el inicio de la maduración, podría coincidir con períodos demasiado calurosos y con diferenciales de temperatura noche-día muy bajos, lo que ocasionaría una pérdida de calidad debido a un exceso de madurez y de azúcares en la uva. También un aumento del número e intensidad de las olas de calor podría aumentar la mortalidad por la abscisión de la uva (Mullins et al. 1992).

Se espera que el cambio climático alargue el periodo de crecimiento, especialmente en las zonas más frías, favoreciendo el desarrollo de la planta. Esto podría afectar al riesgo de heladas primaverales, aunque existe una gran incertidumbre sobre su impacto (Santos et al. 2020). El riesgo de heladas primaverales aumentaría o disminuiría según el clima, el sistema de manejo y la variedad, ya que el cambio climático está adelantando tanto el inicio del periodo de vegetación como la fecha de la última helada; el riesgo dependerá por tanto de cuál de los dos ocurra antes, y esto puede variar considerablemente. Parece que este riesgo podría incrementarse en las regiones norte y este peninsular, donde la fecha de brotación podría adelantarse más (Fraga et al. 2016), y afectaría en mayor medida a las variedades relativamente más tempranas en espaldera (cabernet, tempranillo o garnacha) o incluso a las variedades más tardías en vaso (airén, bobal o monastrell), por ser más sensibles a las heladas (Baeza et al. 2021).

Al acelerarse el ciclo de la planta, también podría ser que coincidieran las lluvias primaverales con la floración y el desarrollo del fruto, lo que perjudicaría un proceso que necesita ambientes más secos que no afecten a la polinización. Además, las

altas temperaturas primaverales podrían hacer que la planta privilegie el desarrollo vegetativo frente a la producción de uva.

El aumento de la aridez del clima y de la temperatura podría llegar a perjudicar la elaboración de vinos de alta calidad en las regiones más cálidas y secas, e incluso provocar una reducción del rendimiento debido al efecto combinado de ambos (Santos et al. 2020). En las regiones más húmedas, el descenso de las precipitaciones medias podría dar lugar en principio a un incremento de la calidad, ya que siempre es necesario un moderado estrés hídrico (Van Leeuwen et al. 2004). Pero ese efecto podría contrarrestarse con el aumento de los episodios e intensidad de sequías, inundaciones y lluvias torrenciales, con claros efectos negativos en calidad y rendimiento.

Por otro lado, el aumento de la concentración de CO2 podría incrementar la eficiencia en la forma en que la vid utiliza tanto el agua como la radiación en la fotosíntesis, disminuyendo la tasa de transpiración. Esto aumentaría la acumulación de fruta y de la biomasa total (Kimball 1993; Rogers 1993; Gonçalves et al. 2008) aunque de forma limitada por la propia aclimatación del cultivo a estas condiciones (Leakey 2009; Kizildeniz 2021). Pero esto sólo podría compensar en parte la creciente evapotranspiración y aridez del clima en las zonas más secas (Kimball et al 2002; Leakey 2009; Giannakopoulos et al. 2009; Kizildeniz 2021; Droulia y Charalampopoulos 2021) y, junto al esperable aumento de la variabilidad del clima, incrementar la incertidumbre de las cosechas (Moutinho-Pereira et al. 2009; Wohlfahrt et al. 2018). Por otro lado, el aumento de las concentraciones de CO2 también podría afectar negativamente a la calidad del vino al reducir la concentración de antocianos y la intensidad del color (Leibar et al. 2017).

Otros efectos indirectos del calentamiento global serían una mayor degradación de la cubierta vegetal y un aumento de la frecuencia de los incendios forestales. Ambas podrían favorecer un aumento de la erosión de los suelos, al unirse con una

mayor frecuencia y severidad de episodios de lluvias intensas y crecidas (Moreno et al. 2005). Mientras que los incendios, a parte de los daños físicos al viñedo y al ecosistema que lo rodea, también podrían afectar a la propia calidad de los vinos por el humo generado (Vallesi y Howell, 2007; Simos 2008; De Orduna 2010).

Por último, el incremento de la temperatura podría modificar el comportamiento de las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos. Unos inviernos más suaves y unas primaveras más calurosas favorecerían claramente el desarrollo de determinadas especies de plagas y enfermedades, como por ejemplo la enfermedad de Pierce, causada por la *Xylella fastidiosa* (Hoddle 2004; Martensson 2007; Daugherty et al. 2009; Mira de Orduña 2010); en otros casos, debido a la complejidad de factores, los resultados no están tan claros. Es el caso de la flavescencia dorada causada por el *Scaphoideus titanus*, o la podredumbre causada por la *Botrytis cinérea* (Mira de Orduña, 2010). También de forma general, un cultivo debilitado por un esperado aumento de los eventos climáticos extremos como pedriscos o inundaciones sería más sensible a plagas y enfermedades que en condiciones normales.

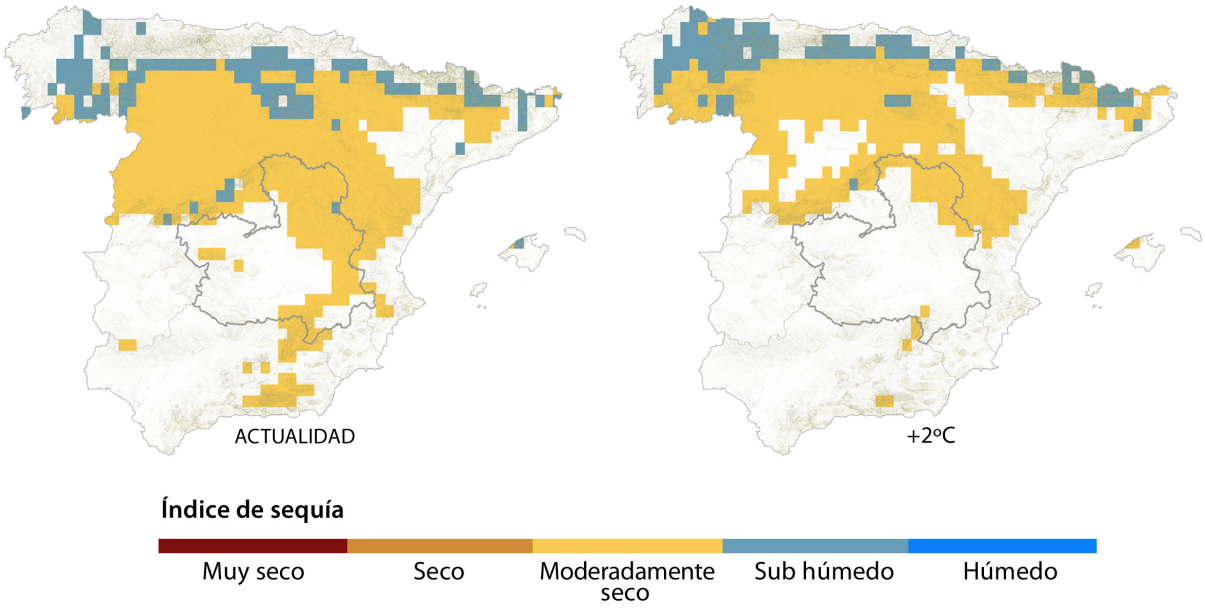
Tabla 1. Resumen de los efectos potenciales del cambio climático en la viticultura en España por tipo de riesgo (adaptado de Resco et al. 2014)

FACTOR DE CAMBIO	POSIBLES BENEFICIOS	POSIBLES EFECTOS NEGATIVOS
Aumento de temperatura	En zonas frías periodos activos más largos Menor riesgo de heladas primaverales en sur y oeste (incierto)	Aumento del estrés térmico Disminución de la calidad (menor acidez, color y taninos) Aumento grado alcohólico Exceso desarrollo vegetativo frente a productivo Mayor riesgo de incendios Aumento de daños por plagas y enfermedades Mayor riesgo de heladas norte y este (incierto)
Disminución de la precipitación	Menor riesgo de enfermedades en zonas húmedas Mejora de la calidad en zonas muy húmedas	Aumento de pérdidas por estrés hídrico Mayor riesgo de incendios

FACTOR DE CAMBIO	POSIBLES BENEFICIOS	POSIBLES EFECTOS NEGATIVOS
Aumento de lluvias intensas o tormentas		Aumento de la erosión Mayor riesgo de plagas y enfermedades Aumento daños por inundaciones o pedriscos
Aumento de concentración de CO_2	Incremento de producción biomasa Disminución tasa de evapotranspiración en sequía	Pérdida de calidad

Predecir la forma que todos estos impactos interactuarían en el viñedo es complejo. En primer lugar, debido a las diversas formas de manejo o variedades en cada territorio (lo que influye en su vulnerabilidad); y en segundo lugar, a la dificultad de estudiar conjuntamente todos los impactos. A esta complejidad hay que añadirle las restricciones legales que existen dentro de las D.O y que limitan actualmente la producción para garantizar la calidad. Todo ello y la falta de estudios adaptados para regiones o variedades más importantes en España, dificulta cuantificar el impacto del cambio climático en el rendimiento.

No obstante, el estudio de zonificación mediante índices agroclimáticos permitiría avanzar una reducción de las zonas con alto potencial para vinos de calidad a mediados del siglo XXI. En concreto, se espera una disminución de un 10% o un 20% para incrementos de temperatura de 1,5°C o 2°C respectivamente (gráfica 2), junto con un desplazamiento de estas a cotas y latitudes más altas. Esto se debería al adelanto de la maduración, que provocaría un exceso de madurez y de azúcares en la uva, y también al aumento del estrés hídrico en las zonas más cálidas y secas del interior o del sur peninsular (Resco et al. 2015). En cuanto a este déficit, a pesar de que el viñedo cuenta con una mayor productividad por volumen de agua de riego que otros cultivos, y de que necesita déficits hídricos moderados para potenciar su calidad, el aumento de la aridez incrementaría la demanda para garantizar tanto una calidad como un rendimiento adecuado. La mayor demanda junto con la menor disponibilidad aumentaría la conflictividad por el uso del agua (MedCC 2020),

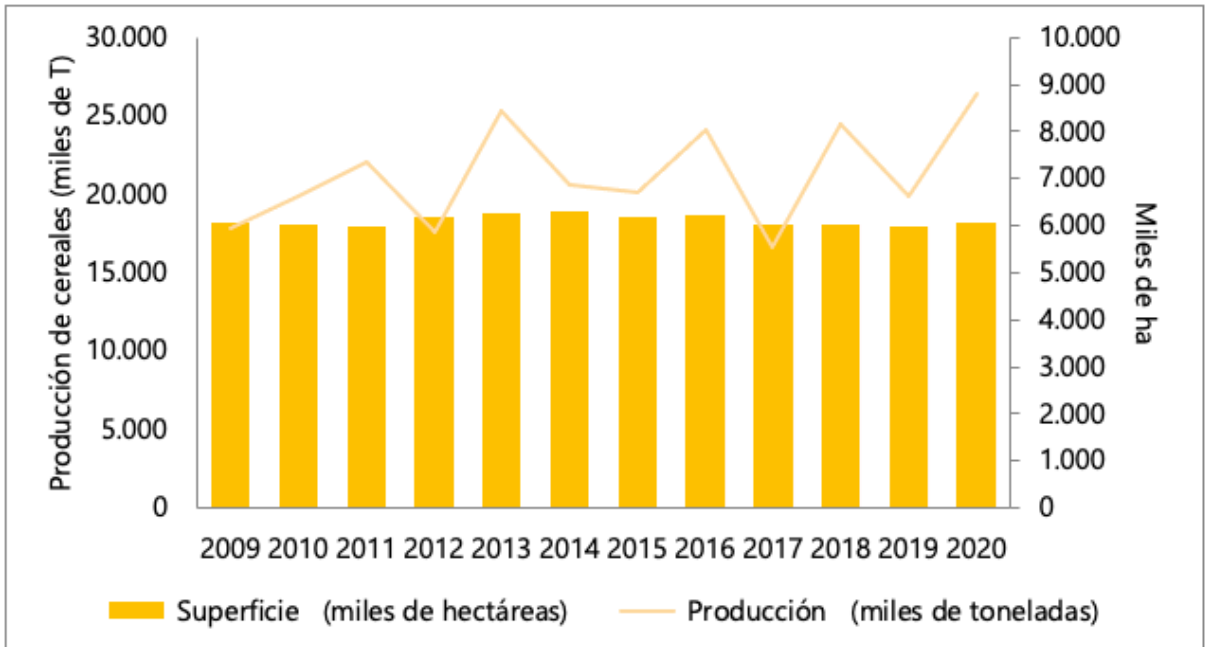


Gráfica 2. Variación de las zonas de alto potencial climático de calidad vitícola entre los periodos 1971-2000 (izquierda) y 2021-2050 con un calentamiento 2 ° C (derecha). Las zonas están clasificadas según el índice de sequía (Resco 2015).

EL IMPACTO EN LOS CEREALES

Los cereales son los alimentos básicos para la mayoría de la población mundial, ya que aportan directamente un 40% de las calorías alimentarias de la dieta (Reeves et al. 2016). Además, constituyen la base de la alimentación para gran parte de la ganadería, que consume un 37% de la producción mundial de cereales (WASDE 2021). Destacan sobre todo el trigo, maíz y el arroz, que representan prácticamente la totalidad de la producción mundial de cereales. Aunque en general, esta producción cubre la mayor proporción del consumo interno de cada país, es el mercado internacional, que mueve alrededor de un 20% de la cosecha mundial, el que marca el precio (Olivier y Sánchez 2016).

Los cereales son los cultivos que más superficie ocupan en el mundo, alcanzando en España alrededor de 6 millones de hectáreas. En nuestro país, más de un 90% de esta superficie se destina a cereales de invierno, trigo y cebada principalmente, y cultivados en su mayoría en secano. Esto hace que la producción sufra fuertes oscilaciones debido al clima (ver gráfica 3), principalmente debido a la variabilidad de las precipitaciones. Los cereales de primavera, maíz y arroz principalmente, ocupan el resto de la superficie, siendo casi en su totalidad un cultivo de regadío. La producción nacional no llega para abastecer el consumo interno, que en su mayoría se destina a piensos. Por eso cada año, dependiendo la climatología, tenemos que importar entre un 25% y un 55% de los cereales que consumimos.

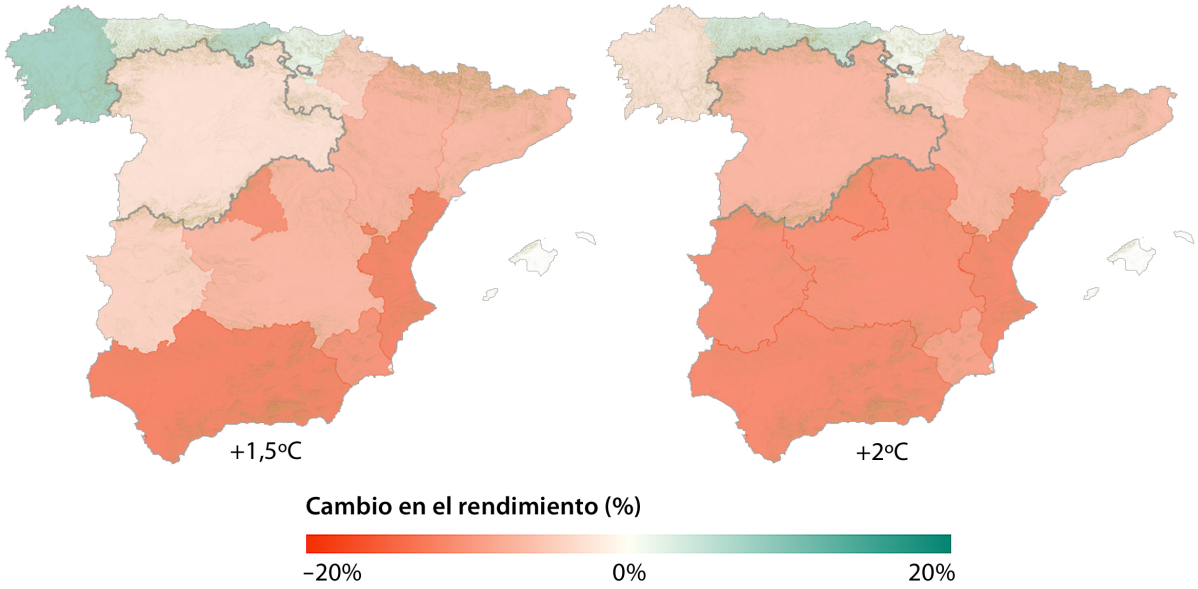


Gráfica 3. Superficie y producción de cereales en España según el Ministerio de Agricultura

La gran dependencia del clima convierte al calentamiento global en la mayor de las amenazas para estos cultivos, ya que podría modificar la duración de la estación de crecimiento, reducir la disponibilidad de agua y aumentar el estrés térmico. Aunque la mayor concentración de CO2 atmosférico también aumentaría la eficiencia en el uso del agua en el maíz o la tasa de fotosíntesis en el caso del trigo, no llegaría a compensar el resto de las pérdidas. De hecho, se podría esperar una disminución media del 5% del rendimiento de los cereales a escala global por cada grado centígrado de calentamiento si no se realiza ninguna medida de adaptación (Nature 2014), aunque con una importante variabilidad según zonas y años.

Así, en áreas más septentrionales de Europa podría producirse un aumento de los rendimientos del trigo por el incremento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones, pero con un mayor riesgo de sufrir enfermedades y de pérdida de calidad por un descenso en la concentración de proteínas y minerales (Myers 2014). Mientras, en zonas más meridionales como es el caso de España, donde la escasez de agua es ya un factor limitante de la producción agrícola, el aumento de las temperaturas y, principalmente del número e intensidad de las sequías en primavera, provocarían una pérdida significativa de rendimiento de cereales de

invierno como el trigo. Estas pérdidas en España podrían alcanzar más de un 15% en algunas zonas respecto al histórico de 1981-2010 con un calentamiento de 2°C (ver gráfica 4)[6], sin que aparentemente la calidad del grano se vea afectada (podría disminuir la concentración de almidón, pero también aumentar las proteínas totales y la concentración de nitrógeno). Estas pérdidas de rendimiento serían menores en el caso de la cebada, pero podrían llegar hasta casi el 20% en el caso de cultivos muy ligados a los cereales como el girasol en zonas como Andalucía.

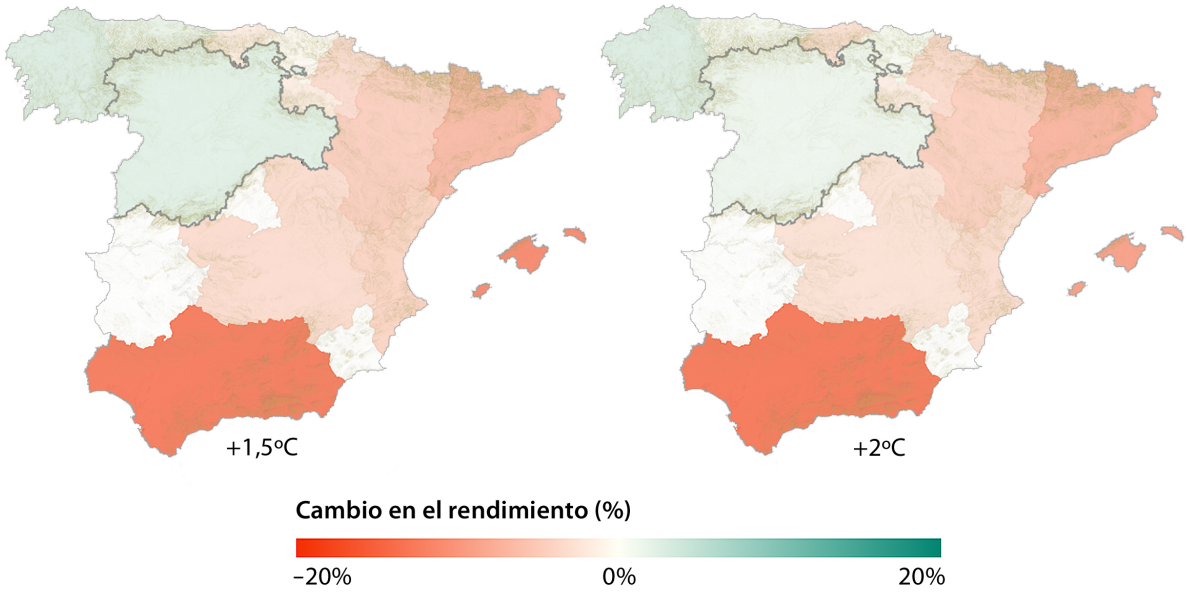


Gráfica 4. Cambios porcentuales medios del rendimiento de trigo en relación con el pasado reciente (1981-2010) para los escenarios altas emisiones (RCP 8.5), con un calentamiento de 1,5°C en el periodo 2018-2029 (izquierda) y 2°C en 2030-2044 (derecha) (Hristov et al 2020).

En el caso del maíz, el aumento de la temperatura y el descenso de las precipitaciones provocarían en Europa un descenso del rendimiento superior al 20% en toda la UE, con pérdidas de cosecha de hasta el 80% en algunos países del sur (entre ellos España) si no se pudiera mantener el riego por posibles restricciones hídricas (Hristov

[6] Estas cifras se refieren a promedios de todos los escenarios, aunque algunos modelos llegan a estimar unas pérdidas de más del 40%

et al 2020). De hecho, aunque se dispusiera de suficiente agua para mantener el riego, el cambio climático también reduciría sustancialmente los rendimientos en la mayoría de los países productores de la UE, fundamentalmente por sus efectos en la polinización (Lizaso 2014), aunque con resultados más desiguales según regiones. Las repercusiones más graves se prevén para el sur de Europa, donde el rendimiento podría disminuir hasta cerca de un 20 % en regiones como Andalucía con un calentamiento de 2 °C (ver gráfica 5).



Gráfica 5. Cambios porcentuales medios del rendimiento de maíz en regadío en relación con el pasado reciente (1981-2010) para los escenarios altas emisiones (RCP 8.5), con un calentamiento de 1,5 °C en el periodo 2018-2029 (izquierda) y 2 °C en 2030-2044 (derecha) (Hristov et al 2020).

Por la dificultad de estudiar distintos elementos de forma conjunta, estas previsiones no tienen en cuenta otros factores como las plagas. Diversos autores han intentado estudiar estos factores y así, por ejemplo, Deutsch et al. 2018 concluyeron que un incremento de 2°C podría incrementar las pérdidas asociadas a estas en un 60% en el caso del trigo y un 15% para el maíz en España, debido a que el calentamiento favorece el crecimiento de la población y la tasa metabólica de los insectos.

Actualmente tampoco es posible estimar cómo van a aumentar los daños ocasionados

por eventos extremos como pedrisco, el riesgo que mayor porcentaje de siniestros e indemnizaciones acumula[7], o las lluvias torrenciales, aunque se espera que aumenten el número e intensidad de estos eventos en Europa (Raupach 2021). Un resumen de todos estos impactos puede observarse en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de los efectos potenciales del cambio climático en los cereales en España por tipo de riesgo.

FACTOR DE CAMBIO	POSIBLES BENEFICIOS	POSIBLES EFECTOS NEGATIVOS
Aumento de temperaturas		Aumento del estrés térmico. Aumento daños por plagas. Mayor riesgo de incendios.
Disminución de la precipitación		Aumento del estrés hídrico. Aumento demanda de agua en regadío. Mayor riesgo de incendios.
Aumento de lluvias intensas o tormentas		Aumento de la erosión. Daños en las plantas por inundaciones o pedriscos.
Aumento de concentración de CO_2	Incremento fotosíntesis. Mayor eficiencia en agua.	Descenso de la calidad del trigo.

Por último, es importante señalar todos estos impactos podrían provocar desequilibrios entre oferta y demanda en el mercado mundial de cereales. Así, una caída de los rendimientos unida a la mayor demanda fruto del crecimiento de la población y de cambios en la dieta (FAO 2018), podría crear una escasez que incrementaría los precios y la volatilidad del mercado de cereales, muy sensibles a comportamientos especulativos. Por ejemplo, según Hristov et al. (2020), el cambio climático podría incrementar el precio de los cereales para 2050, entre un 3% en el caso del maíz y hasta un 30% en el caso del arroz. Estas significativas y abruptas

[7] https://agroseguro.es/blog/post/titulo/cobertura-del-riesgo-de-pedrisco-en-el-sistema-espanol-de-seguros-agrarios

alzas en los precios podrían aumentar la inseguridad alimentaria y un aumento de la inestabilidad política, social y económica, como ya se vio en 2008 y 2011, cuando incluso hubo disturbios relacionados con los alimentos en diversos países.

EL IMPACTO EN EL OLIVAR

España es el país con mayor superficie plantada de olivar con 2,7 millones de hectáreas, más del 20% de la que existe en el mundo. Esta superficie se concentra sobre todo en Andalucía, donde se encuentra un 60% del cultivo, y en mucha menor medida en Castilla-La Mancha y Extremadura principalmente. Es un cultivo con una gran importancia en el medio rural por su importancia medioambiental, social y económica. En particular, representa una renta de 4.000 millones de euros para el sector agrario (1.500 millones de euros en aceituna de mesa y 2.500 millones en euros para aceite) y genera empleo de calidad en muchas zonas rurales en la recogida, en el procesado y en la comercialización a través de industria y cooperativas. Es un sector abierto al exterior, con unas exportaciones que superan los 3.600 millones de euros cada año, y que representa la imagen de muchas regiones gracias a un paisaje de gran valor medioambiental.

El olivar es un cultivo en crecimiento en el que las plantaciones tradicionales de baja densidad siguen siendo las predominantes, aunque van perdiendo peso paulatinamente frente a plantaciones intensivas y superintensivas. Estas dos últimas van progresivamente reemplazando a las tradicionales o sustituyendo a otros cultivos menos rentables como el cereal o el girasol, y ocupan ya un 20% y un 10% de la superficie de olivar respectivamente.

A pesar de que el olivo es una especie tolerante a la sequía, la disponibilidad de agua se considera un recurso importante para mejorar y estabilizar el rendimiento final. Por ello, el regadío ha crecido en los últimos años, ligado sobre todo a la expansión de los sistemas más intensivos, y supera actualmente un 30% de la superficie de olivar en España. Esta transformación ha permitido aumentar la producción media de aceituna hasta cerca de los 7 millones de toneladas, de las que un 92% se destinan a la obtención de aceite y el resto se comercializa como aceituna de mesa.

Aunque el olivo se considera una de las especies más adecuadas y mejor adaptadas al clima mediterráneo, el aumento del calentamiento, la sequía y otros fenómenos

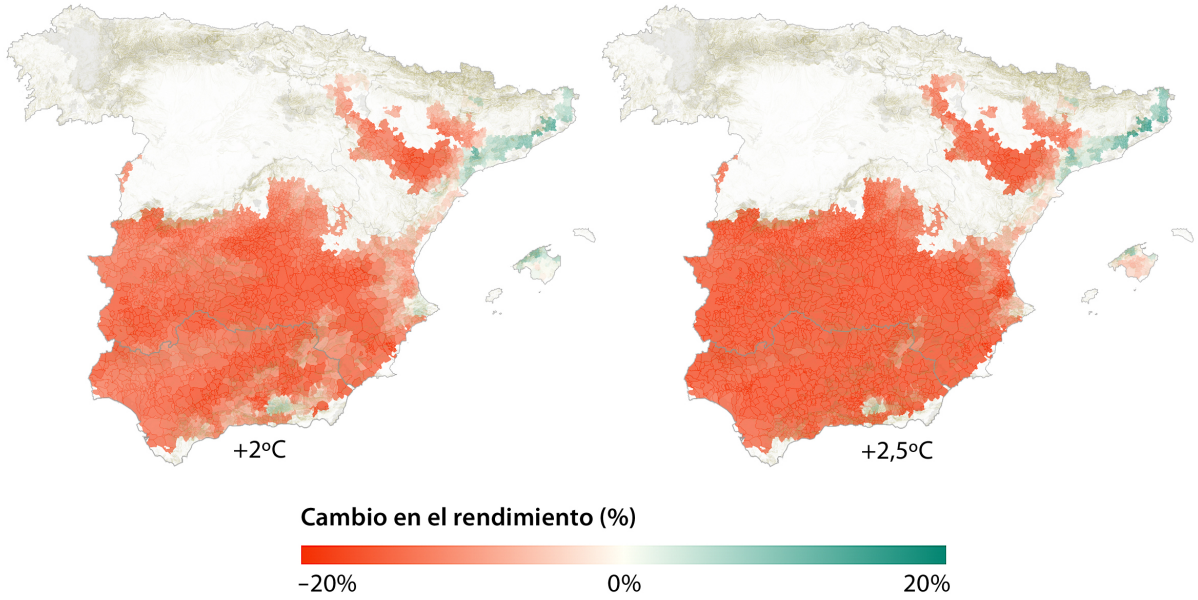
meteorológicos extremos como las olas de calor pueden tener efectos en la ecología y la fisiología del cultivo del olivo. Estos fenómenos asociados al cambio climático podrían tener un impacto significativo en la distribución de las variedades de aceituna, así como en su crecimiento y productividad (Ponti et al. 2014). Por todo ello, puede ser considerado el principal riesgo para los sistemas de cultivo actuales (Rodriguez Sousa et al. 2020).

En general, el calentamiento global se traduciría en un aumento de la evapotranspiración y en un descenso de las precipitaciones, lo que contribuiría a un aumento del déficit hídrico, especialmente durante el verano, hasta valores que podrían superar los límites tolerados por los olivos (Arena-Castro et al. 2020). Esto sólo sería parcialmente compensado por los efectos positivos del incremento de la concentración de CO2 (Ben Hamouda et al. 2021).

También tendría efectos en otras etapas concretas del cultivo como la floración, una fase fenológica clave por su influencia significativa en el rendimiento final del olivo, y muy sensible a las variaciones de temperatura y al estrés hídrico (Rapoport et al. 2012). El aumento de las temperaturas durante la floración, a pesar del adelanto de esta, podría provocar un aumento de los daños por estrés térmico en las zonas más cálidas del interior, donde los inviernos son más fríos (Ponti et al. 2014; Gabaldón-Leal et al. 2017). Pero el principal daño en estas zonas vendría del descenso de la transpiración por un mayor estrés hídrico en la formación y la maduración del fruto (Cabezas et al. 2020). Antes incluso de la floración, el calentamiento podría ocasionar una falta de acumulación de horas de frío en invierno, especialmente en las zonas costeras del sureste donde los inviernos son más suaves, lo que acabaría generando problemas en esta etapa.

Existen estudios que intentan cuantificar los efectos del cambio climático en la producción de olivar, aunque los resultados difieren según los modelos de cultivo usados, que se basan en distintas variedades y sistemas de manejo. Así, Fraga et al.

(2019) estudiando un modelo de una sola variedad en el conjunto del Mediterráneo, concluyeron que con un calentamiento de 2°C se produciría un descenso importante del rendimiento en los olivares de secano en la península ibérica (ver gráfica 6), y que ese descenso se concentraría especialmente en las principales regiones productoras (tabla 3); o Ronchal et al (2014), que en un estudio del olivar de Sierra Mágina estimaban un descenso de la producción del 3,5% y del 7% para el olivar de regadío y secano respectivamente, con un calentamiento de 1,5°C .

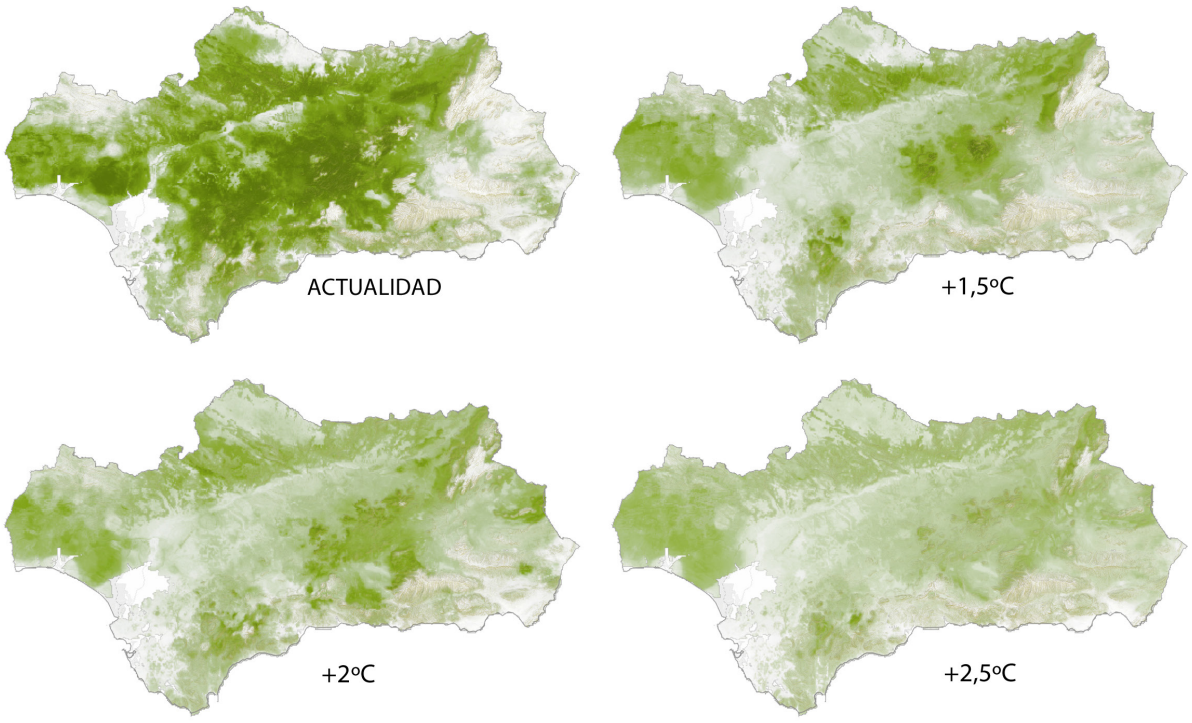


Gráfica 6. Cambios porcentuales medios del rendimiento esperado respecto al pasado reciente (1989-2005), con un calentamiento de 2°C (izquierda) y 2,5°C (derecha) (adaptado de Fraga et al. 2020).

Tabla 3. Diferencias medias regionales en los rendimientos, en porcentaje, entre escenario futuros (2041-2070) RCP4.5/8.5 y los rendimientos medios anuales actuales de las principales regiones olivareras en España (Fraga et al. 2020).

	RCP 4.5-incremento de 2°C	RCP 8.5-incremento de 2,5°C
Andalucía	-17%	-21%
Castilla-La Mancha	-18%	-19%
Extremadura	-15%	-19%

De forma complementaria, otros estudios encuentran diferencias significativas al estudiar las variedades más importantes. En concreto, Arenas Castro et al. (2020) prevén un importante descenso de la superficie más apta en Andalucía para el cultivo de todas las variedades en secano (salvo la variedad picual) con un incremento de la temperatura de 1,5°C respecto a niveles preindustriales (ver gráfica 7). Esta bajada en el caso de variedades como hojiblanca, lechín, manzanilla o nevadillo podría ser superior al 80%. Estos resultados para la variedad picual coinciden con los obtenidos por Cabezas et al. (2020) en las localizaciones actuales de cultivo de Andalucía con modelos de rendimiento para esta variedad (ver tabla 4), que cuenta con grandes necesidades de vernalización. En concreto, prevén aumentos del rendimiento para el secano en zonas interiores con un calentamiento de hasta 2°C, salvo en las regiones con inviernos más suaves, que muestran resultados negativos en todos los casos debido a la falta de acumulación de horas frío. Los resultados de regadío mostrarían mejores resultados a costa de un incremento de entre el 10-20% en la demanda de agua. No obstante, el impacto en la mayoría de los casos sería negativo en casi todas las localizaciones si el calentamiento alcanzase los 2,5°C.



Gráfica 7. Zonas muy aptas para las variedades de olivo más extendidas en Andalucía para diversos periodos de tiempo en escenario RCP 6.0 (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, que equivaldrían aproximadamente a un calentamiento de+1,5°C, +2°C y +2,5°C respectivamente). Los valores más cercanos a 1000 (tonos más oscuros) tienen mayor probabilidad de ser aptos para al menos, una variedad de aceituna (Arenas Castro 2020).

Tabla 4. Diferencias en porcentaje entre los rendimientos medios anuales actuales en localizaciones de Andalucía para la variedad picual y los proyectados en el futuro (2041-2070) en distintos escenarios de emisiones RCP4.5/8.5 (Cabezas et al. 2020)

Tipo de cultivo	Localización	Rendimiento en aceite de oliva (% de variación)	
		RCP4.5 (incremento de 2°C)	RCP8.5 (incremento de 2,5°C)
Secano	Córdoba	11,6	-41,7
	Granada	24	-5,7
	Jaén	15	-16,4
	Jerez	-25,6	-72,4
	Sevilla	-44,8	-83,9
Riego deficitario	Córdoba	19,4	-26,8
	Granada	14,4	7,9
	Jaén	16,6	3,9
	Jerez	-25,5	-64,4
	Sevilla	-37,5	-76,7
Riego intensivo	Córdoba	20,9	-20
	Granada	23,8	26,5
	Jaén	20,2	16,2
	Jerez	-24,4	-61,1
	Sevilla	-35	-73,9

El cambio climático puede manifestarse también en forma de un aumento del número e intensidad de pedriscos (Mohr et al. 2015) o de lluvias intensas. Estas últimas podrían incrementar la erosión en los suelos de olivar, un cultivo especialmente vulnerable a este proceso debido a su distribución en zonas con altas pendientes (Gomez et al. 2014; Rodriguez Sousa et al. 2019)

En cuanto a la calidad, el aumento de las temperaturas podría acelerar ciclos y obligar a realizar cosechas tempranas, aunque con niveles de madurez más bajos que los actuales (Vasilopoulos 2013; Dag et al. 2014). Un estrés hídrico moderado podría tener un efecto beneficioso en la calidad del aceite, aunque si se superasen ciertos niveles, se podría producir una disminución del contenido en ácido oleico y aromas, y un aumento excesivo del amargor (Orlandi 2012; Santos et al. 2019), además de reducir el tamaño del fruto y su contenido en aceite (Benlloch-González et al. 2019).

Por último, el calentamiento del clima también podría aumentar el área de distribución de la mosca del olivo (Ponti et al. 2014) y de algunas subespecies de *Xylella* hacia el norte (Godefroid et al. 2019), aunque al mismo tiempo podrían disminuir los daños en las zonas más cálidas donde los veranos son más calurosos. No obstante, al suavizarse las temperaturas invernales en estas zonas, podrían aumentar los ataques de otros insectos como los de algunas especies de polilla del olivo (Caselli y Petachi 2021). Un resumen de todos estos efectos puede encontrarse en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de los efectos potenciales del cambio climático en el olivar en España por tipo de riesgo.

FACTOR DE CAMBIO	POSIBLES BENEFICIOS	POSIBLES EFECTOS NEGATIVOS
Aumento de temperaturas	Disminución de daños por mosca del olivo en zonas cálidas	Aumento del estrés térmico Aumento daños por plagas y enfermedades en zonas más frías Aumento de daños por nuevas plagas (ej. Polilla) en zonas cálidas Mayor riesgo de incendios Problemas de vernalización en zonas cálidas
Disminución de la precipitación		Aumento del estrés hídrico. Aumento demanda de agua en regadío. Mayor riesgo de incendios.
Aumento de lluvias intensas o tormentas		Aumento de la erosión. Daños en las plantas por inundaciones o pedriscos.
Aumento de concentración de CO_2	Incremento fotosíntesis. Disminución tasa de evapotranspiración en sequía	

El riego sería la principal medida de adaptación a futuros climas más secos y calurosos en estas zonas, pero la escasez de agua y la competencia por la misma serán las principales limitaciones. Aun así, el calentamiento provocaría un desplazamiento gradual de las zonas más aptas de cultivo hacia mayores latitudes del cultivo (Moriondo et al. 2013; Tanasijevic et al. 2014), con una reducción y mayor fragmentación del área de distribución del cultivo en las zonas actuales de cultivo (Ropero et al. 2018), aunque siempre dependiendo de las variedades (Arenas-Castro et al. 2020).

EL IMPACTO EN LA DEHESA

A pesar de la gran importancia medioambiental, cultural y económica que ha tenido la dehesa en nuestro país, no existe una única definición. Aunque muchas de ellas incluyen otro tipo de bosques adehesados, la más usada entiende que una dehesa es aquel sistema de explotación ganadera y/o cinegética de carácter multifuncional, en que al menos el 50% de la superficie está ocupado por pastizal con arbolado adulto disperso productor de bellotas y con una fracción de cabida cubierta del arbolado entre el 5 y el 60% (Pulido et al. 2010).

En cuanto a su extensión, según el Ministerio de Agricultura (MAPA 2020), los bosques adehesados suponen alrededor de 5,8 millones hectáreas, es decir, la quinta parte de la superficie forestal española, de los cuales:

- Alrededor de 4 millones de hectáreas son de dehesas perennifolias con arbolado de encina, alcornoque y acebuche.

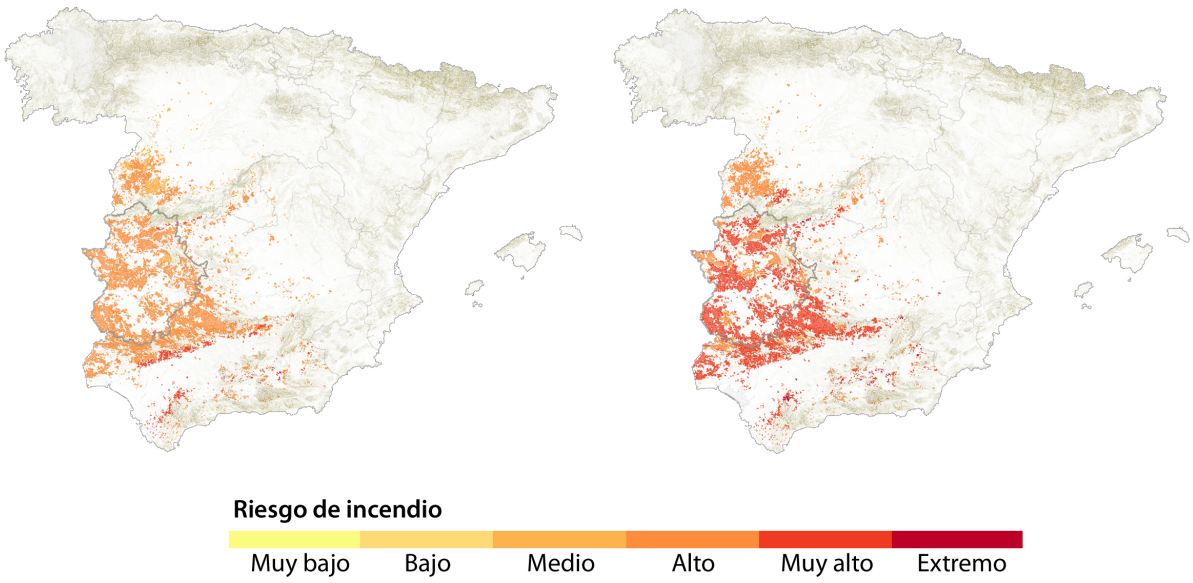
- Las llamadas dehesas caducifolias (con robles, quejigos, fresnos, castaños o hayas) ocuparían 0,8 millones de hectáreas.

- El resto son bosques adehesados con mayoría de fresnos, sabinas, pinares y otros montes bajos.

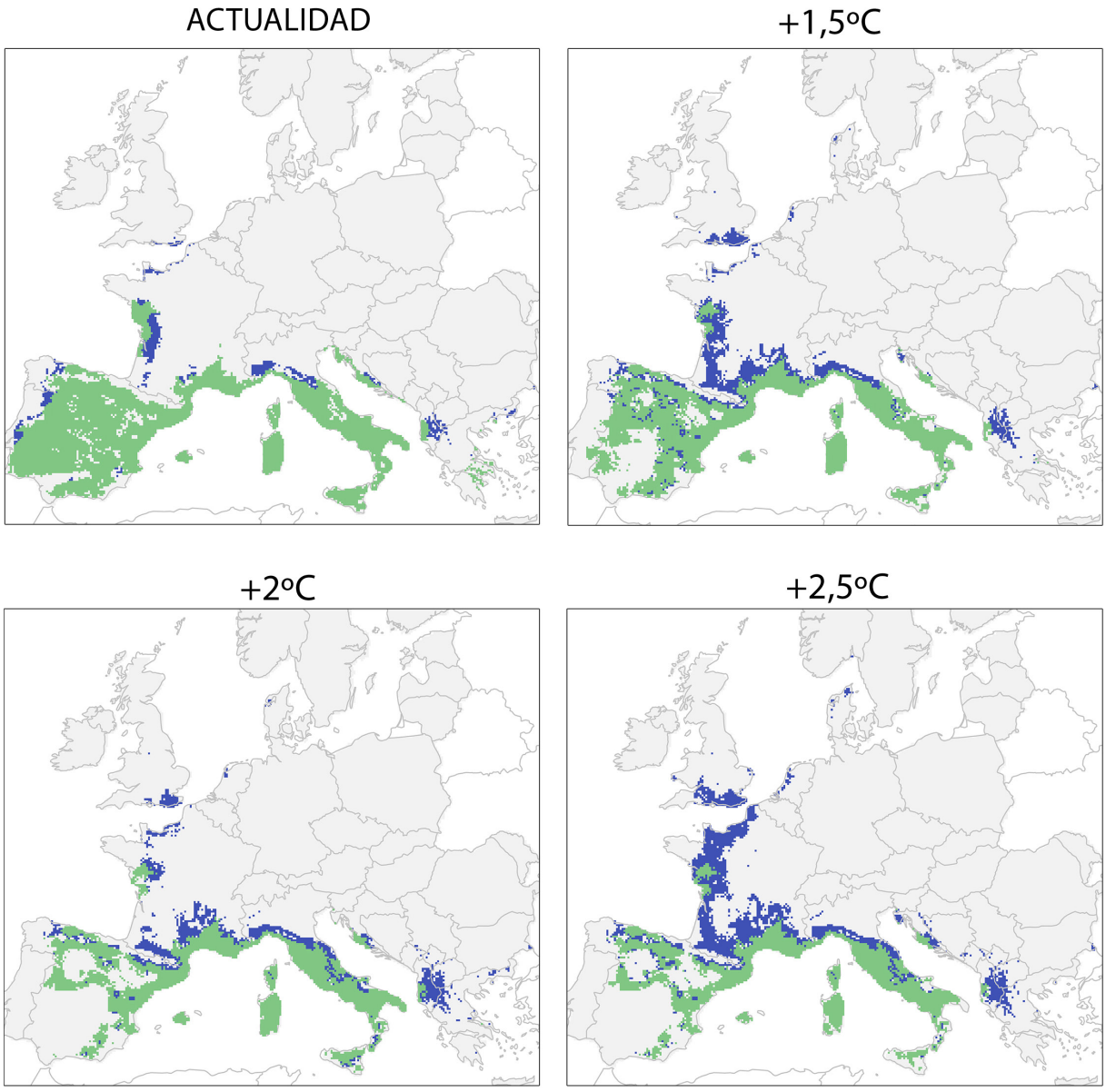
La dedicación preferente en las dehesas es la explotación ganadera extensiva con razas ganaderas tradicionales y baja densidad de población (vacuno, ovino, porcino y caprino), junto con otras actividades complementarias como la producción agrícola (especialmente cereales) y forestal (corcho y leña). No obstante, los problemas de rentabilidad de la ganadería extensiva y el abandono de la trashumancia han incrementado la intensificación con mayores cargas ganaderas, el abandono o la transformación en cotos de caza mayor (Sanchez Fernandez et al 2019). Actualmente sólo un tercio de los bosques adehesados están dentro de

las explotaciones solicitantes de ayudas de pastos de la Política Agraria Común (MAPA 2020).

Aunque la dehesa está formada por bosques y vegetación bien adaptada a las condiciones de la península, el aumento de las temperaturas y el descenso de las precipitaciones podría aumentar el riesgo de incendios (ver gráfica 8) y la erosión, afectar negativamente a la regeneración natural de especies vegetales y debilitar las defensas frente a agentes patógenos (Barrón 2019). De hecho, se puede apreciar ya un decaimiento de algunos encinares asociado a sequías (Barbeta et al. 2013; Natalini et al. 2016) y al abandono de la gestión (Rolo y Moreno, 2012). Esto parece respaldar las conclusiones de otros estudios como Felicísimo et al. (2011), que predicen una reducción general de la superficie climáticamente adecuada de especies como la encina, el roble albar y el alcornoque, especies muy importantes en la dehesa (ver gráfica 9).



Gráfica 8. Evolución del riesgo de incendio en las zonas de dehesa en España desde escenario actual (izquierda) hasta con un calentamiento de 2,5 °C (derecha). Elaboración propia con datos de Copernicus (2021)



Gráfica 9. Cambio del área potencial de distribución de la encina (Quercus ilex) respecto a la actualidad (arriba izquierda) con una estimación de calentamiento de 1,5 °C (arriba derecha), 2°C (abajo izquierda) y 2,5 °C (abajo derecha) partiendo de niveles preindustriales. La zona azul representa el área de distribución potencialmente adecuada pero que no está ocupada debido a las limitaciones de dispersión (Mauri et al.2022).

En el caso de los incendios, los modelos forestales apuntan a un incremento de su frecuencia e intensidad por el aumento de las temperaturas, descenso de las precipitaciones y la acumulación de combustible (Moreno et al. 2015). Esto supondrá importantes cambios en la vegetación e incrementos del riesgo de erosión mecánica del suelo. Este proceso que se podría agravar por la concentración de las lluvias en episodios más intensos y una extensión de los períodos secos, que

podrían conducir a una mayor lixiviación de nutrientes (Kipling et al. 2016). Esto afectaría a los ciclos naturales y a otros servicios de los ecosistemas, sobre todo en ambientes mediterráneos, donde ya hay un contenido de nutrientes bajo (Sardans y Peñuelas, 2013) y el fósforo es a menudo un factor limitante, particularmente para las leguminosas (Soussana et al. 2010).

En estas dehesas, el aumento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones producirían un agostamiento temprano de la vegetación herbácea, lo que supondría una mayor incidencia de los herbívoros sobre las plantas leñosas (Rodríguez Berrocal 1993), de manera que si no se interviene, el proceso podría autorreforzarse hacia la desertización (Moreno et al. 2005).

El aumento de la concentración de CO2, de la temperatura y los cambios en la distribución de las precipitaciones también comportará cambios en la fenología, producción y calidad de los pastos. En general, el aumento del CO2 atmosférico tiene efecto estimulador del crecimiento vegetal (Tubiello et al. 2007; Roy et al 2016) y puede llegar a reducir el impacto del estrés hídrico o ayudar a su recuperación tras eventos severos de este tipo (Soussana et al. 2010). Pero en el caso de España, la combinación de temperaturas muy altas y descenso de la precipitación podrían contrarrestar estos efectos positivos (Picon-Cochard et al. 2015; Obermeier et al. 2016) y provocar una reducción en rendimiento de forraje de hasta un 30% en algunas áreas (Del Prado et al. 2014; Dumont et al. 2015).

En cuanto a la calidad del forraje, el cambio climático podría reducir la disponibilidad para los animales de nutrientes, particularmente de proteínas (Dumont et al. 2015). Aunque esto podría compensarse por un mayor desarrollo de leguminosas (Thornton et al. 2009; Grünzweig y Dumbur 2012; Dumont et al. 2015), su desarrollo estaría limitado por la deficiencia de fósforo habitual en las dehesas del suroeste. Además, el aumento de las temperaturas también reduciría tanto la digestibilidad como el contenido en carbohidratos solubles en agua en algunos tipos de plantas (Myers et

al 2014). En consecuencia, es esperable en España un deterioro en las cualidades nutricionales generales del pasto (menor digestibilidad y contenido en proteínas), lo cual redundaría negativamente en las emisiones de metano ruminales por unidad de materia seca ingerida (Del Prado et al. 2014).

Todos estos factores tienen importantes consecuencias sobre el potencial de carga ganadera en las dehesas. El cambio climático aumentaría la competencia por unos menores recursos (pastos y agua) entre el propio ganado doméstico y también la fauna silvestre. Esto aumentaría el riesgo económico, ya que la reducción de la productividad del pasto obligaría al ganadero a un mayor movimiento de los animales en busca de nuevos recursos o al uso de suplementos en la nutrición, con el consiguiente incremento de la huella de carbono y del coste económico. Por lo que para reducir este riesgo económico puede ser necesaria la disminución de la carga ganadera, evitando una intensificación de la ganadería (Iglesias et al 2016).

CONCLUSIONES

El cambio climático es el mayor reto al que nos enfrentamos a nivel mundial ya que, aunque puedan aparecer grandes diferencias regionales, ningún país o territorio es inmune al calentamiento global. El impacto, que dependerá de la senda de emisiones que se siga, afectará de forma especial a la cuenca mediterránea. En el caso de España, donde en los últimos 30 años sólo los grandes desastres relacionados con el clima han provocado pérdidas de 25.000 millones de euros (la mitad de ellas relacionadas con la sequía), los daños podrían aumentar drásticamente si las emisiones continúan al ritmo actual. Este escenario llevaría a alcanzar un incremento de 2°C respecto a períodos preindustriales en 2050, lo que podría reducir el PIB nacional en más de un 7% respecto a un escenario sin cambio climático. Incluso si se lograra que la temperatura no subiera más de 1,5°C, objetivo establecido por los Acuerdos Internacionales de París de reducción de emisiones, las pérdidas que ocasionaría llegarían al 2,5% del PIB.

Un sector tan importante como el agroalimentario sería de los más perjudicados por su elevada dependencia del clima. En general, un calentamiento global de incluso 1,5°C se traduciría en una bajada apreciable de los rendimientos y de la calidad de la producción en las zonas actuales de cultivo, pero más especialmente en las zonas más calurosas y áridas del sur peninsular. Por ejemplo, se podría llegar a perder más un 10% de la superficie más apta para los vinos de calidad en toda España y un 80% de la superficie de variedades de olivo como hojiblanca o manzanilla en Andalucía; también podría llegar bajar en torno al 8% los rendimientos del trigo en España. Con un incremento de 2°C los daños podrían ser muy graves y podrían, por ejemplo, peligrar las dehesas de encina en la parte occidental de Andalucía o Extremadura; podría llegar a descender más de un 15% el rendimiento de cereales como el trigo en algunas regiones; la superficie de viñedo de alta calidad podría reducirse en un 20%; y en el caso del olivar, únicamente la variedad picual podría mantener los rendimientos en secano en las zonas interiores de cultivo. No obstante,

a partir de un calentamiento de 2,5°C, incluso el rendimiento de esta variedad se resentiría de forma importante sin aportes de agua; además, las dehesas de encina podrían llegar a desaparecer en grandes zonas de la mitad sur.

Las mayores pérdidas irían asociadas al incremento del estrés hídrico en los cultivos debido al aumento de la evapotranspiración, por el aumento de las temperaturas, y al descenso de las precipitaciones. Este descenso iría acompañado de una mayor frecuencia de sequías, hasta 5 y 10 veces más alta si se superan los 1,5 o 2°C. Además, las lluvias serían más intensas, lo que generaría erosión, y se concentrarían en épocas como el otoño, por lo que el agua sería menos aprovechable por los cultivos.

Estos daños se podrían incrementar aún más por la mayor incidencia de plagas y enfermedades, que en el caso del trigo podría llegar a aumentar en un 60% las pérdidas actuales con un incremento de 2°C, pero sobre todo por el conjunto de adversidades climáticas, que actualmente provocan pérdidas de al menos un 6% del valor de la producción agraria cada año. El paulatino incremento de la temperatura aumentaría de forma claramente perceptible la intensidad y la frecuencia de extremos climáticos como olas de calor, lluvias torrenciales, o especialmente sequías y pedriscos, los que más preocupan al agricultor. Estos episodios podrían ser especialmente graves en la zona mediterránea una vez se alcance un calentamiento de 2°C.

Es importante señalar que, aunque existen medidas de adaptación que podrían amortiguar parte del impacto, estas tienen una capacidad limitada que podría verse sobrepasada si no hay una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Un ejemplo es el agua disponible; en un país donde el 75% de su superficie sufre algún tipo de riesgo de desertificación y donde un 25% de los acuíferos corren algún tipo de riesgo, los recursos hídricos podrían disminuir un 11% una vez se alcancen los 2°C de calentamiento, lo que aumentaría la competencia y

la conflictividad por los recursos. Otro serían los seguros, una de las piezas claves de la política agraria en España, que en el futuro podrían tener dificultades para ofrecer una cobertura asequible por el incremento del riesgo, y suficiente por el descenso de los rendimientos medios.

Todos estos impactos suponen un fuerte incentivo para los esfuerzos de mitigación, al no existir áreas o cultivos inmunes al cambio climático, por lo que el coste de no hacer todo lo posible para disminuir las emisiones puede ser demasiado elevado como para no tenerlo en cuenta.

BIBLIOGRAFÍA

AEA (2007): Adaptation to climate change in the agricultural sector. AEA Energy & Environment and Universidad de Politécnica de Madrid. Report to European Commission Directorate - General for Agriculture and Rural Development, AGRI-2006-G4-05

Agroseguro (2020). Configuración de la prima, resultados históricos y entorno de control en el Seguro agrario. https://agroseguro.es/fileadmin/propietario/Publicaciones/Presentaciones/WEB_PRESENTACION_PARA_ENTIDADES_Y_MEDIADORES_02-03-2020.pdf

Arenas-Castro S, Gonçalves J F, Moreno M, Villar R (2020). Projected climate changes are expected to decrease the suitability and production of olive varieties in southern Spain. Science of The Total Environment, 709, 136161.

Arriaza M, Gómez-Limón J A, Villanueva A J, Córdoba ICADO (2011). Análisis comparativo de la sostenibilidad de olivares tradicionales de secano y de regadío. Agricultura: Revista Agropecuaria, 939, 248-252.

Baeza P, Rodríguez A, Saa A, Ruiz-Ramos M, Tarquis A M (2021). Siniestralidad en viñedo de vinificación: evaluación Retrospectiva teniendo en cuenta la reestructuración del sector desde 1995. Informe final. Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM). https://www.mapa.gob.es/es/enesa/publicaciones/informefinalsinvinreset_tcm30-581257.pdf

Barrón LG, Sousa A (2019). Evolución del índice de aridez (1901-2011) en zonas de dehesa del suroeste de la península ibérica. Revista de Climatología, 19.

Ben Hamouda G, Tomozeiu R, Pavan V, Antolini G, Snyder RL, Ventura F. (2021).

Impacts of climate change and rising atmospheric CO2 on future projected reference evapotranspiration in Emilia-Romagna (Italy). Theoretical and Applied Climatology, 146(1), 801-820.

Benlloch-González M, Sánchez-Lucas R, Bejaoui M A, Benlloch M, Fernández-Escobar R (2019). Global warming effects on yield and fruit maturation of olive trees growing under field conditions. Scientia Horticulturae, 249, 162–167. doi:10.1016/j.scienta.2019.01.046

Ben Mariem S, Soba D, Zhou B, Loladze I, Morales F, Aranjuelo I (2021) Climate Change, Crop Yields, and Grain Quality of C3 Cereals: A Meta-Analysis of [CO2], Temperature, and Drought Effects. Plants; 10(6):1052. https://doi.org/10.3390/plants10061052

Berdugo M, Delgado-Baquerizo M, Soliveres S, Hernández-Clemente R, Zhao Y., Gaitán J J, ... Maestre F T (2020). Global ecosystem thresholds driven by aridity. Science, 367(6479), 787–790. doi:10.1126/science.aay5958

Cabezas J M. Ruiz-Ramos M, Soriano M A, Santos C, Gabaldón-Leal C, Lorite I J (2021). Impact of climate change on economic components of Mediterranean olive orchards. Agricultural Water Management, 248, 106760. doi:10.1016/j.agwat.2021.106760

Cabezas J M, Ruiz-Ramos M, Soriano M A, Gabaldón-Leal C, Santos C, Lorite IJ. (2020). Identifying adaptation strategies to climate change for Mediterranean olive orchards using impact response surfaces. Agricultural Systems, 185, 102937. doi:10.1016/j.agsy.2020.102937

Carnicer J, Coll M, Ninyerola M, Pons X, Sanchez G, Penuelas J. (2011). Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with

increased climate change-type drought. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(4), 1474-1478.

Caselli, A, Petacchi R. (2021). Climate Change and Major Pests of Mediterranean Olive Orchards: Are We Ready to Face the Global Heating?. Insects, 12(9), 802.
Castro M D, Martín-Vide J, Alonso S (2005) El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. Impactos del cambio climático en España. Ministerio Medio Ambiente: Madrid.

CE 2019. SWD(2019) 42 final. Documento de trabajo de los servicios de la comisión segundos planes hidrológicos de cuenca - estado miembro: España. Acompañando al documento informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre la aplicación de la directiva marco del agua (2000/60/ce) y la directiva sobre inundaciones (2007/60/ce) segundos planes hidrológicos de cuenca primeros planes de gestión del riesgo de inundación.

CEDEX 2017. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/3B08CCC1-C252-4AC0-BAF7-1BC27266534B/145732/2017_07_424150001_Evaluaci%C3%B3n_cambio_clim%C3%A1tico_recu.pdf

Copernicus (2021(. Global bioclimatic indicators from 1950 to 2100 derived from climate projections. DOI: 10.24381/cds.a37fecb7. https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/10.24381/cds.a37fecb7?tab=overview.

Challinor A J, Watson J, Lobell D B, Howden S M, Smith D R, Chhetri N (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. Nature Climate Change, 4(4), 287-291.

Chaloner T M, Gurr S J, Bebber D P (2021). Plant pathogen infection risk tracks global crop yields under climate change. Nat. Clim. Chang. 11, 710–715 https://doi.org/10.1038/s41558-021-01104-8

CRED (2021). Thinternational disaster Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). Université catholique de Louvain https://www.emdat.be/

Dag A, Harlev G, Lavee S, Zipori I, Kerem Z (2014). Optimizing olive harvest time under hot climatic conditions of Jordan Valley, Israel. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2014, 116, 169–176.

Datacomex (2021). Estadísticas de comercio exterior de bienes de España y la UE. Última consulta diciembre 2021. https://datacomex.comercio.es/

Del Prado A., Mosquera-Losada R M, Bardají I (2014). Oportunidades y retos de los pastos frente a la nueva PAC en un contexto de cambio climático. 53ª Reunión Científica de la SEEP. Pastos y PAC 2014-2020, 19-24.

Del Prado A, Galán E, Batalla I, Pardo G. (2020). Impactos y adaptación al cambio climático en rumiantes. ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), 116(5), 461-482.

Daugherty M P, Bosco D, Almeida R P P (2009). Temperature mediates vector transmission efficiency: Inoculum supply and plant infection dynamics. Annalsof Applied Biology, 155, 361–369.

Deutsch C A, Tewksbury J J, Tigchelaar M, Battisti D S, Merrill S C, Huey R B, Naylor R L (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. Science, 361(6405), 916–919. doi:10.1126/science.aat3466

Döll P, Kaspar F, Lehner B (2003). A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation. Journal of Hydrology, 270(1), 105-134

Döll P, Siebert S (2002). Global modeling of irrigation water requirements. Water Resources Research, 38(4), 8-1.

Dow K, Berkhout F, Preston B. et al. Limits to adaptation. Nature Clim Change 3, 305–307 (2013). https://doi.org/10.1038/nclimate1847

Droulia F, Charalampopoulos I (2021). Future Climate Change Impacts on European Viticulture: A Review on Recent Scientific Advances. Atmosphere.

Dumont B, Andueza D, Niderkorn V, Lüscher A, Porqueddu C, Picon-Cochard C (2015). A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. Grass and Forage Science 70: 239-254. https://doi.org/10.1111/gfs.12169

EFSA (2020). Climate change as a driver of emerging risks for food and feed safety, plant, animal health and nutritional quality". European Food Safety Authority (EFSA) FAO (2018). El futuro de la alimentación y la agricultura: Vías alternativas hacia el 2050. Rome.

FAO. 2019. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma.

Feyen L, Ciscar J C, Gosling S, Ibarreta D, Soria A. (editors) (2020). Climate change impacts and adaptation in Europe. JRC PESETA IV final report. EUR 30180EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-18123-1, doi:10.2760/171121, JRC119178

Felicísimo Á M (coord.) (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 1. Flora y vegetación. Oficina Española de cambio climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, pag. 552 .

Fischer G, Nachtergaele FO, Prieler S, Teixeira E, Tóth G, van Velthuizen H, ..., Wiberg D (2012) Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v3. 0): Model Documentation. International Institute for Applied systems Analysis (IIASA), Laxenburg. Rome, Italy: Austria and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Fraga H, García de Cortázar Atauri I, Malheiro A C., Santos J A (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. Global Change Biology, 22(11), 3774–3788. doi:10.1111/gcb.13382

Fraga H, Pinto J G, Santos JA (2018). Climate change projections for chilling and heat forcing conditions in European vineyards and olive orchards: a multi-model assessment. Climatic Change. doi:10.1007/s10584-018-2337-5

Fraga H, Pinto J G, Viola F, Santos J A (2020). Climate change projections for olive yields in the Mediterranean Basin. International Journal of Climatology, 40(2), 769-781.

Fraga H, Moriondo M, Leolini L, Santos J A (2021). Mediterranean Olive Orchards under Climate Change: A Review of Future Impacts and Adaptation Strategies. Agronomy, 11(1), 56.

Gabaldón-Leal C, Ruiz-Ramos M, de la Rosa R, León L, Belaj A, Rodríguez A, Santos C, Lorite IJ (2017). Impact of changes in mean and extreme temperatures caused by climate change on olive flowering in southern Spain. Int. J. Climatol. 37, 940–957. https://doi.org/10.1002/joc.5048.

Garcia-Fayos P. Monleon V J, Espigares T, Nicolau, J M, Bochet E (2020). Increasing aridity threatens the sexual regeneration of Quercus ilex (holm oak) in Mediterranean ecosystems. PloS one, 15(10), e0239755.

Garrote L, Iglesias A, Granados A, Mediero L, Martin-Carrasco F (2015) Quantitative assessment of climate change vulnerability of irrigation demands in Mediterranean Europe. Water Resources Management, 29(2), 325-338

Giannakopoulos C, Le Sager P, Bindi M, Moriondo, M Kostopoulou E, Goodess CM (2009). Climatic Changes and Associated Impacts in the Mediterranean Resulting from a 2 _C Global Warming. Glob. Planet. Chang. 68, 209–224.

Giorgi F (2006) Climate change hot-spots. Geophysical Research Letters, 33(8)
Giorgi F, Lionello P (2008) Climate change projections for the Mediterranean region. Global and Planetary Change,63(2), 90-104

Godefroid M, Cruaud A, Streito J-C, Rasplus J-Y, Rossi J-P (2019). Xylella fastidiosa: climate suitability of European continent. Scientific Reports, 9(1). doi:10.1038/s41598-019-45365-y

Gómez J.A.; Infante-Amate, J.; De Molina, M.G.; Vanwalleghem, T.; Taguas, E.V.; Lorite, I. Olive cultivation, its impact on soil erosion and its progression into yield impacts in Southern Spain in the past as a key to a future of increasing climate uncertainty. Agriculture 2014, 4, 170–198.

Gonçalves B, Falco V, Moutinho-Pereira J, Bacelar E, Peixoto F, Correia C (2008) Effects of elevated CO2 on grapevine (Vitis vinifera L.): volatile composition, phenolic content, and in vitro antioxidant activity of red wine. Journal of agricultural and food chemistry, 57(1), 265-273.

González-Zeas D, Quiroga S, Iglesias A, Garrote L (2014) Looking beyond the average agricultural impacts in defining adaptation needs in Europe.Regional Environmental Change, 14(5), 1983-1993

Grünzweig J M, Dumbur R (2012). Seed traits, seed reserve utilization and offspring performance across pre industrial to future CO2 concentrations in a Mediterranean community. Oikos, 121(4), 579-588.

Guo J, Kubli D, Saner P (2021). The economics of climate change: no action not an option. Swiss Re Institute. https://www.swissre.com/dam/jcr:e73ee7c3-7f83-4c17-a2b8-8ef23a8d3312/swiss-re-institute-expertise-publication-economics-of-climate-change.pdf

Herrero A, Zavala M A, editores (2015) Los Bosques y la Biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Hertel TW, Burke MB, Lobell DB (2010) The poverty implications of climate-induced crop yield changes by 2030. Global Environmental Change, 20(4), 577-585

Hoddle M S (2004). llThe potential adventive geographic range of glassy-winged sharpshooter, Homalodisca coagulata and the grape pathogen Xylella fastidiosa: Implications for California and other grape growing regions of the world. Crop Protection, 23, 691–699

Hristov J, Toreti A, Pérez Domínguez I, Dentener F, Fellmann T, Elleby C, Ceglar A, Fumagalli D, Niemeyer S, Cerrani I, Panarello L, Bratu M (2020). Analysis of climate change impacts on EU agriculture by 2050, EUR 30078 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-10617-3, doi:10.2760/121115, JRC119632.

Iglesias A, Quiroga S, Diz A (2011). Looking into the future of agriculture in a changing climate. European Review of Agricultural Economics, Volume 38 (3), 427-447.

Iglesias E, Báez K, Diaz-Ambrona C H (2016). Assessing drought risk in Mediterranean Dehesa grazing lands. Agricultural Systems 149: 65-74. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.07.017

IPCC (2014) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribución of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker T F, D Qin, G-K Plattner, M Tignor, S K Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex and P M Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
IPCC 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte V, P Zhai, A Pirani, S L Connors, C Péan, S Berger, N Caud, Y Chen, L Goldfarb, M I Gomis, M Huang, K Leitzell, E Lonnoy, J B R Matthews, T K. Maycock, T Waterfield, O Yelekçi, R Yu, and B Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Jacobs C, Berglund M, Kurnik B, Dworak T, Marras S, Mereu V, Michetti M (2019). Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe (No. 4/2019). European Environment Agency (EEA).

Jones G V, White M A, Coope, O R, Storchmann K (2005) Climate change and global wine quality. Climatic change, 73(3), 319-343

Kimball B A, Mauney J R, Nakayama F S, Idso S B (1993) Effects of increasing atmospheric CO2 on vegetation. Vegetatio, 104(1), 65-75

Kimball B A, Kobayashi K, Bindi M (2002). Responses of agricultural crops to free-air CO2 enrichment. Adv. Agron. 77, 293–368.

Kipling R P, Virkajärvi P, Breitsameter L, Curnel Y, De Swaef T., Gustavsson A-M, … Bellocchi G (2016). Key challenges and priorities for modelling European grasslands under climate change. Science of The Total Environment, 566-567, 851–864. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.05.1

Kizildeniz T, Pascual I, Irigoyen J J, Morales F (2021). Future CO 2 , warming and water deficit impact white and red Tempranillo grapevine: Photosynthetic acclimation to elevated CO 2 and biomass allocation. Physiologia Plantarum. doi:10.1111/ppl.13388

Leakey A D B, Ainsworth E A, Bernacchi C J, Rogers A., Long S P, Ort D R (2009). Elevated CO2 effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. Journal of Experimental Botany, 60(10), 2859–2876. doi:10.1093/jxb/erp096

Leibar U, Pascual I, Aizpurua A, Morales F, Unamunzaga O. (2017). Grapevine nutritional status and K concentration of must under future expected climatic conditions texturally different soils. Journal of soil science and plant nutrition, 17(2), 385-397.

Lizaso J I, Ruiz-Ramos M, Rodríguez L, Gabaldon-Leal C, Oliveira J A, Lorite I J, …

Rodríguez, A (2018). Impact of high temperatures in maize: Phenology and yield components. Field Crops Research, 216, 129–140. doi:10.1016/j.fcr.2017.11.013

MAGRAMA (2016). Impactos del cambio climático en los procesos de desertificación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones

MAPA (2020). Documento de partida del subgrupo de trabajo del objetivo específico 5 para el plan estratégico de España para la PAC post 2020. https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/subgrupo-trabajo-objetivo-5.aspx

MAPA (2021). Cuentas Económicas de la Agricultura. Última consulta diciembre 2021. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/cuentas-economicas-agricultura/

Martensson, A. (2007). Need for protective measures to combat potential outbreaks of Homalodisca coagulata and Pierce's disease in European viticulture. Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science, 57, 1–9

Mauri A, Girardello M, Strona G. et al (2022). EU-Trees4F, a dataset on the future distribution of European tree species. Sci Data 9, 37. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01128-5

MedECC (2020). Resumen para los responsables de la formulación de políticas. En: cambio climático y ambiental en la Cuenca mediterránea: situación actual y riesgos para el futuro. Primer informe de evaluación del Mediterráneo [Cramer W, J Guiot, Marini K (eds.)] Unión para el Mediterráneo, Plan Bleu, PNUMA/PAM, Marsella, Francia, 34 pp.

Mira de Orduña R (2010). Climate change associated effects on grape and

wine quality and production. Food Research International, 43(7), 1844–1855. doi:10.1016/j.foodres.2010.05.001

Mohr S, Kunz M, Geyer B (2015). Hail potential in Europe based on a regional climate model hindcast. Geophysical Research Letters, 42(24), 10-904.

Montoriol-Garriga J. (2020) Agroalimentario. Un sector clave para la economía y para la sociedad. Caixabank. https://www.caixabankresearch.com/es/node/6565/printable/print

Moreno J, De la Rosa D, Zazo C. (2005) Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente

Moreno J M, Urbieta I R, Bedia J, Gutiérrez J. M, Vallejo V R. (2015). Los incendios forestales en España ante el cambio climático. Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: impactos, vulnerabilidad y adaptación en España, 395-405.

Moriondo M, Trombi G, Ferrise R, Brandani G, Dibari C, Ammann C M, Lippi M M, Bindi M (2013) Olive trees as bio-indicators of climate evolution in the Mediterranean Basin. Global Ecology and Biogeography, 22, 818–833. https://doi.org/10.1111/geb.12061

Moss R H, Brenkert A L, Malone E L (2001) Vulnerability to climate change: a quantitative approach. Technical Report PNNL-SA-33642, Pacific Northwest National Laboratories, Richland, WA

Moutinho-Pereira J, Gonçalves B, Bacelar E, Cunha J B, Coutinho J, Correia C M (2009) Effects of elevated CO. Vitis, 48(4), 159-165

Mullins M G, Bouquet A, Williams L E (1992) Biology of the grapevine. Cambridge

University Press

Myers S S, Zanobetti A, Kloog I, Huybers P, Leakey A D, Bloom A J, Carlisle E, Dietterich L H, Fitzgerald G, Hasegawa T et al. (2014). Increasing CO2 threatens human nutrition. Nature 2014, 510, 139–142. doi:10.1038/nature13179.

Nature (2014). Warming climate threatens crops. Nature 507, 277 (2014). https://doi.org/10.1038/507277c

Obermeier W A, Lehnert L W, Kammann C I, Müller C, Grünhage L, Luterbacher J, ... Bendix J (2016). Reduced CO2 fertilization effect in temperate C3 grasslands under more extreme weather conditions. Nature Climate Change, 7(2), 137–141. doi:10.1038/nclimate3191

Orlandi F, Bonofiglio T, Romano B, Fornaciari M (2012). Qualitative and quantitative aspects of olive production in relation to climate in southern Italy. Scientia Horticulturae, 138, 151–158. doi:10.1016/j.scienta.2012.02.02

Oliver L G, Sánchez R G (2016). Las cuatro grandes empresas comercializadoras y los precios internacionales de los alimentos. Economía informa, 400, 24-39.

Ostberg S, Schewe J, Childers K, Frieler K (2018). Changes in crop yields and their variability at different levels of global warming. Earth System Dynamics, 9(2), 479-496.

Panagos P, Standardi G, Borrelli P, Lugato E, Montanarella L, Bosello F (2018). Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. Land Degradation & Development, 29(3), 471-484.

Pardo G, del Prado A (2021). A simple model for the effect of thermal stress on the productivity of small ruminants. Livestock Science, 251, 104649. doi:10.1016/j.livsci.2021.104649

Perez Dominguez I, Fellmann, T (2018). PESETA III: Agro-economic analysis of climate change impacts in Europe, EUR 29431 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-97220-1 (online), doi:10.2760/179780 (online), JRC113743.

Picon-Cochard C, Finn J, Sutter M, Nagy Z, Diop A, Fisher F, Talore D (2014). Report on grassland ecosystem manipulation experiments. Animal Change, Seventh Framework Programme, Theme 2: Food, Agriculture and Fisheries, and Biotechnologies, Grant Agreement Number: FP7-266018, Deliverable 4.1. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01611420/document

Ponti L, Gutierrez AP, Ruti PM, Dell'Aquila A (2014). Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2014, 111, 5598–5603.

Pulido F, Picardo A, Campos P, Carranza J, Coleto J, Díaz M., ... Fernández, P. (2010). Libro verde de la dehesa. Documento para el debate hacia una estrategia ibérica de gestión.

Raupach T H, Martius O, Allen J T, Kunz M, Lasher-Trapp S, Mohr S, ... Zhang Q. (2021). The effects of climate change on hailstorms. Nature Reviews Earth & Environment, 2(3), 213–226. doi:10.1038/s43017-020-00133-9

Reeves T G., Thomas G, Ramsay G. (2016). Ahorrar para crecer en la práctica: maíz, arroz, trigo. Guía para la producción sostenible de cereales. FAO. https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/a-i4009s.pdf

Resco P, Iglesias A, Bardají I, Sotés V (2015). Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. Regional Environmental Change, 16(4), 979–993. doi:10.1007/s10113-015-0811-4

Resco P (2015) Viticultura y cambio climático en España: Vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Thesis (Doctoral), E.T.S.I. Agrónomos (UPM).

Rodriguez-Berrocal J. (1993). Utilización de los Recursos Alimenticios Naturales: Nutrición y Alimentación de Rumiantes Silvestres. Cordoba: Facultad de Veterinaria de Córdoba.

Rodríguez Sousa A A, Barandica JM, Aguilera PA, Rescia AJ (2020). Examining Potential Environmental Consequences of Climate Change and Other Driving Forces on the Sustainability of Spanish Olive Groves under a Socio-Ecological Approach. Agriculture. 2020; 10(11):509. https://doi.org/10.3390/agriculture10110509

Rogelj J, Den Elzen M, Höhne N, Fransen T, Fekete H., Winkler H, ... Meinshausen M. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C. Nature, 534(7609), 631-639

Rogers H H, Dahlman R C (1993) Crop responses to CO2 enrichment. Vegetatio, 104(1), 117-131

Ronchail J, Cohen M, Alonso-Roldán M, Garcin H, Sultan B., Angles S. (2014). Adaptability of Mediterranean Agricultural Systems to Climate Change: The Example of the Sierra Mágina Olive-Growing Region (Andalusia, Spain). Part II: The Future. Weather, Climate, and Society, 6(4), 451–467. doi:10.1175/wcas-d-12-00045.1

Ropero RF, Rumí R, Aguilera PA (2018). Bayesian networks for evaluating climate

change influence in olive crops in Andalusia, Spain. Natural Resource Modeling, e12169. doi:10.1111/nrm.12169.

Roy J, Picon-Cochard C, Augusti A., Benot M L, Thiery L, Darsonville O, Landais D., Piel C, Defossez M, Devidal S., et al. (2016). Elevated CO2 maintains grassland net carbon uptake under a future heat and drought extreme. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2016, 113, 6224–6229.

Rubio A, Roig S, 2017: Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España. Oficina Española de cambio climático. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Sánchez Fernández P, Díaz Gaona C, Rodríguez Estevez V (2019) La dehesa ante la nueva PAC, en La agricultura y ganadería extremeñas 2019, Badajoz, Fundación CB, 2019. https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2018/la-agricultura-y-ganaderia-extremenas-2018.pdf

Sanjuán M E., del Barrio G, Ruiz Moreno A, Rojo L, Puigdefábregas J, Martínez A. (2014). Evaluación y seguimiento de la desertificación en España: Mapa de la Condición de la Tierra 2000-2010. Mapa de la Condición de la Tierra en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 80 p. NIPO: 280-14-128-4. ISBN: 978-84-491-1395-6.

Santos J A, Malheiro A C, Pinto J G, Jones G V (2012) Macroclimate and viticultural zoning in Europe: observed trends and atmospheric forcing. Climate Research, 51(1), 89-103

Santos J A, Fraga H, Malheiro AC, Moutinho-Pereira J, Dinis LT, Correia C, ... Schultz HR (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options

for European viticulture. Applied Sciences, 10(9), 3092

Santos C, Gabaldón-Leal C, Cruz-Blanco M, Porras R, León L, de la Rosa R, Belaj A, Lorite IJ (2019). El Cultivo del Olivo ante el cambio climático. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2019.1-18p.

Sanz M J, Galán E (editoras) (2020). Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Oficina Española de cambio climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.

Sardans J, Peñuelas J (2013). Tree growth changes with climate and forest type are associated with relative allocation of nutrients, especially phosphorus, to leaves and wood. Global Ecology and Biogeography, 22(4), 494-507.

Schnabel S, Dahlgren R A, Moreno G (2013). Soil and water dynamics. In: Campos, P.; Huntsinger, L.; Oviedo, J.L.; Starrs, P.F.; Diaz, M.; Standiford, R.B.; Montero, G. (Eds.) - Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes. Dehesas of Spain and Ranchlands of California. Series: Landscape Series, Vol. 16, Springer. 91-121.

Schultz H (2000) Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV□B effects. Australian Journal of grape and wine research, 6(1), 2-12

Simos C (2008). The implications of smoke taint and management practices. Australian Viticulture, 77–80.

Soussana J F, Tallec T, Blanfort V (2010). Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. Animal 2010, 4, 334–350. doi:10.1017/S1751731109990784.

Tanasijevic L, Todorovic M, Pereira L S, Pizzigalli C, Lionello P (2014) Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. Agricultural Water Management, 144, 54–68. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.019.

Tubiello F N, Soussana J F, Howden S M. Crop and pasture response to climate change(2007) . Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2007, 104, 19686–19690. doi:10.1073/pnas.0701728104.

Vallesi M, Howell G (2007). The ashes we didn't want – Smoke taint in vintage 2007. Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker, 520, 66–67
Van Leeuwen C, Friant P, Chone X, Tregoat O, Koundouras S, Dubourdieu D (2004) Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. American Journal of Enology and Viticulture, 55(3), 207-217

Warming climate threatens crops (2014). Nature, 507(7492), 277–277. doi:10.1038/507277

Wing I S, De Cian E, Mistry M N (2021). Global vulnerability of crop yields to climate change. Journal of Environmental Economics and Management, 109, 102462. doi:10.1016/j.jeem.2021.102462

WASDE (2021). World Agricultural Supply and Demand Estimates. Última consulta diciembre 2021. https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde

Wohlfahrt Y, Smith J P, Tittmann S, Honermeier B, Stoll M (2018). Primary productivity and physiological responses of Vitis vinifera L. cvs. under Free Air Carbon dioxide Enrichment (FACE). European Journal of Agronomy, 101, 149–162. doi:10.1016/j.eja.2018.09.005

Zampieri M, Ceglar A, Dentener F, Dosio A, Naumann G. van den Berg M, Toreti A (2019). When Will Current Climate Extremes Affecting Maize Production Become the Norm? Earth's Future. doi:10.1029/2018ef000995

Zampieri M, Toreti A, Ceglar A, Naumann G, Turco M, Tebaldi C (2020). Climate resilience of the top ten wheat producers in the Mediterranean and the Middle East. Regional Environmental Change, 20(2). doi:10.1007/s10113-020-01622-9

Mauri A, Girardello M, Strona G. et al (2022). EU-Trees4F, a dataset on the future distribution of European tree species. Sci Data 9, 37 . https://doi.org/10.1038/s41597-022-01128-5