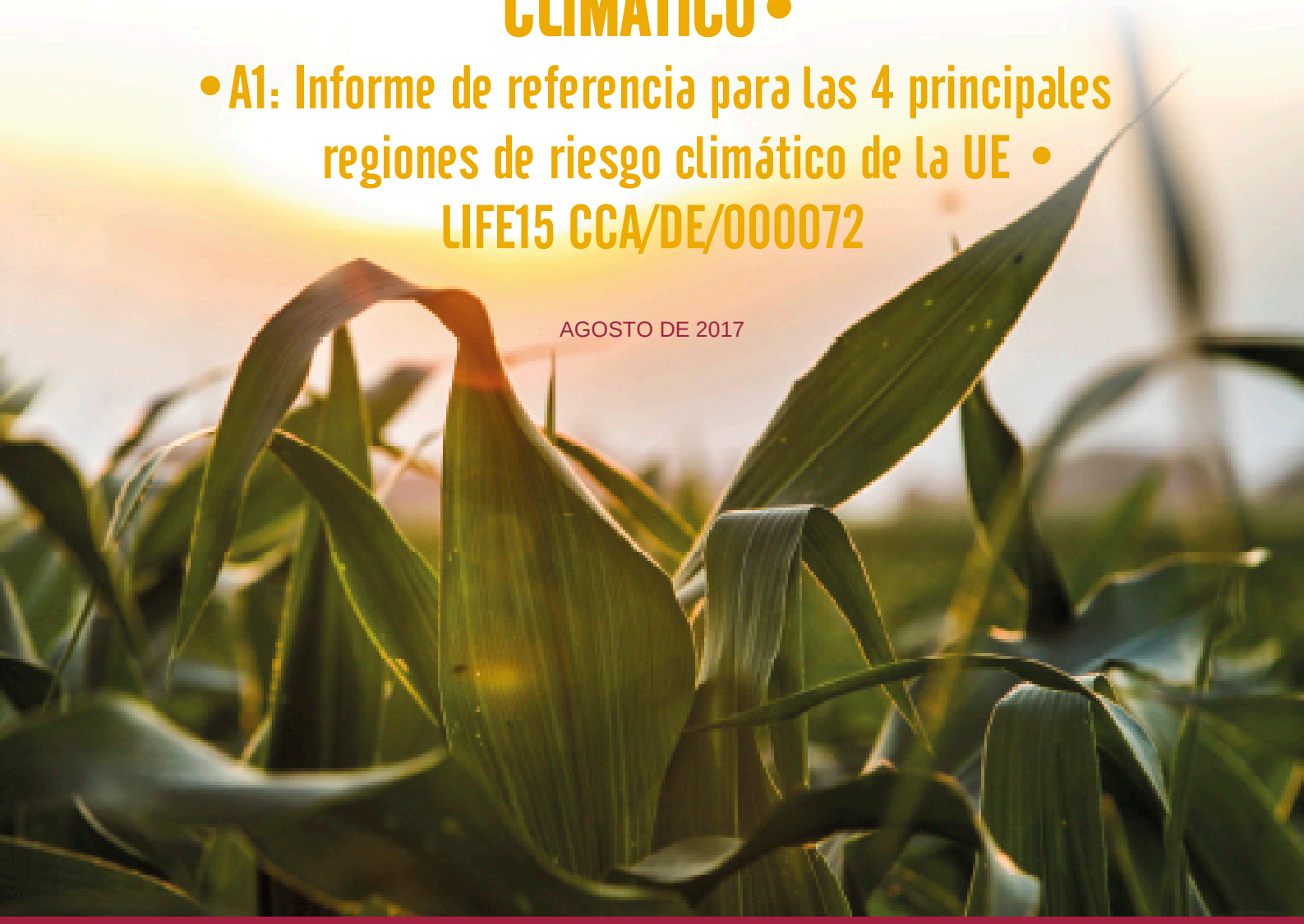
• ADAPTACIÓN SOSTENIBLE DE SISTEMAS AGRARIOS EUROPEOS AL CAMBIO CLIMÁTICO •

• A1: Informe de referencia para las 4 principales regiones de riesgo climático de la UE •

LIFE15 CCA/DE/000072

AGOSTO DE 2017



Con el apoyo de:

0. ÍNDICE

0. ÍNDICE 2

1. CONTEXTO 4

1.1 DEFINICIONES 4

1.2 CONTEXTO MUNDIAL 6

1.3 CONTEXTO EUROPEO 8

1.3.1 Cambio climático registrado 8
1.3.2 Proyecciones sobre cambio climático y clima extremo 14
1.3.3 Impactos registrados y futuros sobre la agricultura 22
1.3.4 Generalidades: características climáticas, desarrollo y crecimiento vegetal 22
1.3.4.1 CULTIVOS ARABLES 25
1.3.4.2 CULTIVOS PERMANENTES 35
1.3.4.36 GANADERÍA 35
1.3.5 Recursos hídricos y agricultura 40

1.4 SÍNTESIS PARA EUROPA 43

1.4.1 Principales impactos registrados y proyectados para la agricultura 43
1.4.2 Sistemas agrarios de Europa según región climática 47

1.5 BIBLIOGRAFÍA 50

2 REGIÓN CLIMÁTICA ATLÁNTICA/ FRANCIA 51

2.1 PANORÁMICA GENERAL 51

2.2 AGRICULTURA Y CUESTIONES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 51
2.2.1 Cultivos arables 51
2.2.2 Cultivos permanentes 51
2.2.3 Ganadería 52

3 REGIÓN CLIMÁTICA CONTINENTAL/ ALEMANIA 53

3.1 PANORÁMICA GENERAL 53

3.2 AGRICULTURA Y CUESTIONES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 53
3.2.1 Cultivos arables 53
3.2.2 Cultivos permanentes 53
3.2.3 Ganadería 54

4 REGIÓN CLIMÁTICA MERIDIONAL/ ESPAÑA 55

4.1 PANORÁMICA GENERAL 55

4.2 CASO DE ESPAÑA 58

4.2.1 Tendencias climáticas y Plan Nacional de Adaptación 58
4.2.2 Herramienta o servicios climáticos 61
4.2.3 Proyectos sobre adaptación al cambio climático de la agricultura 62
4.2.4 Redes agro-climáticas 64
4.2.4.1 CULTIVOS ARABLES 64
4.2.4.2 CULTIVOS PERMANENTES 67
4.2.4.3 GANADERÍA 69

4.3 BIBLIOGRAFÍA 71

4.4 LISTA DE EXPERTOS ESPAÑOLES CONSULTADOS 72

5 REGIÓN CLIMÁTICA SEPTENTRIONAL / ESTONIA 73

5.1. PANORÁMICA GENERAL 73

5.2. AGRICULTURA Y CUESTIONES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 73

5.2.1. Cultivos arables 73
5.2.2. Cultivos permanentes 73
5.2.3. Ganadería 74

1. Contexto

1.1 DEFINICIONES

Con el fin de evitar errores de comprensión, antes de abordar la cuestión del cambio climático registrado y futuro en Europa y sus impactos para el sector agrario es importante establecer en primera instancia la definición precisa de algunos conceptos básicos.

CLIMA

En sentido restringido, el clima se suele definir como el **promedio meteorológico** o, con un poco más de rigor, como la **descripción estadística** en términos de promedio y variabilidad cuantitativa relevante durante un periodo de tiempo, que puede abarcar desde meses hasta millones de años. Tal como lo define la Organización Meteorológica Mundial, el periodo clásico para promediar estas variables **es de 30 años**. Las variables relevantes son casi siempre indicadores en superficie como la temperatura, las precipitaciones y el viento. El clima en un sentido más amplio es el estado del sistema climático, incluyendo su descripción estadística (IPCC, 2014).

CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático hace referencia al **cambio en el estado del clima identificable**, por ejemplo, mediante el uso de análisis estadísticos, o mediante los **cambios en el promedio y/o la variabilidad de sus propiedades**, y que **persiste durante un periodo amplio**, habitualmente décadas o periodos aún más largos. El cambio climático puede deberse a procesos naturales internos o a forzamientos externos, como las modulaciones de los ciclos solares, las erupciones volcánicas y los cambios antrópicos persistentes en la composición de la atmósfera o los usos de la tierra. Es preciso señalar que, en su Artículo 2, la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, Framework Convention on Climate Change), lo define como «un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables». Por tanto, la UNFCCC establece una distinción entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (IPCC, 2014).

VARIABILIDAD CLIMÁTICA

La variabilidad climática hace referencia a las **variaciones del clima en promedio** y otras estadísticas (como las desviaciones del estándar, los fenómenos meteorológicos extremos, etc.) en todas las escalas temporales y espaciales más allá de los acontecimientos de las condiciones meteorológicas meramente individuales. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones de forzamientos externos naturales o antrópicos (variabilidad externa) (IPCC, 2014).

FENÓMENO METEOROLÓGICO EXTREMO

Un fenómeno meteorológico extremo es un **fenómeno raro en un lugar y momento del año**. Las definiciones de raro varían, pero un fenómeno meteorológico extremo sería normalmente un suceso situado por encima o por debajo de los percentiles 90 o 10 respectivamente de una función de densidad de probabilidad elaborada a partir de los datos de observaciones. Por definición, las características de lo que se denomina fenómeno meteorológico extremo pueden

variar de un lugar a otro en términos absolutos. Cuando un patrón de clima extremo persiste durante algún tiempo, como toda una estación, se puede clasificar como fenómeno meteorológico extremo, sobre todo si arroja unos promedios o unos datos totales que son en sí mismos extremos (por ejemplo, la sequía o las precipitaciones intensas en una estación del año) (IPCC, 2014).

OLA DE CALOR

Período de tiempo anormalmente caluroso e incómodo. (IPCC, 2014).

PROYECCIÓN

Una proyección es una posible **evolución futura** de una magnitud o conjunto de magnitudes, calculada generalmente con la ayuda de un modelo. A diferencia de las predicciones, las proyecciones están condicionadas por supuestos relativos, por ejemplo, a eventualidades socioeconómicas y tecnológicas futuras que podrían o no hacerse realidad. Véase también Predicción climática y Proyección climática (IPCC, 2014).

RESILIENCIA

Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de **afrontar un suceso, tendencia** o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que **mantengan su función esencial,** su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014).

RIESGO

Potencial de **consecuencias** en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la **probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos** en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (IPCC, 2014).

VULNERABILIDAD

Propensión o predisposición a ser **afectado negativamente**. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014).

TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS (RCP, REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAYS)

Escenarios que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre (Moss y otros, 2008). La palabra representativa significa que cada trayectoria de representación ofrece uno de los muchos posibles escenarios que conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo. La palabra trayectoria hace hincapié en que únicamente son de interés los niveles de concentración a largo plazo, pero también indica el camino seguido a lo largo del tiempo para llegar al resultado en cuestión (Moss y otros, 2010).
Las trayectorias de concentración representativas generalmente hacen referencia a la parte de la trayectoria de concentración hasta 2100, para las cuales los modelos de evaluación integrados han producido los correspondientes escenarios de emisión. Las trayectorias de concentración

ampliadas describen ampliaciones de las trayectorias de concentración representativas de 2100 a 2500 calculadas utilizando normas sencillas generadas a partir de las consultas con las partes interesadas y no representan escenarios plenamente coherentes.
En el Último Informe de Evaluación del IPCC se han seleccionado de la literatura publicada las siguientes cuatro trayectorias de concentración representativas elaboradas a partir de modelos de evaluación integrados como base para las predicciones climáticas y las proyecciones climáticas presentadas en los capítulos 11 a 14 del Quinto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I (WGI AR5):

- RCP 2.6: Trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente 3 W/m^2 antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100).
- RCP 4.5 y RCP 6.0: Dos trayectorias de estabilización intermedias en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza aproximadamente a 4,5 W/m^2 y 6 W/m^2 después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las concentraciones después de 2150).
- RCP 8.5: Trayectoria alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza valores superiores a 8.5 W/m^2 en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100 y sean constantes las concentraciones después de 2250).

1.2 CONTEXTO MUNDIAL

Los datos contenidos en esta sección han sido extraídos del capítulo 7 del Quinto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo 2 (WG II AR5) (IPCC, 2014), «Seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos».

Diversos estudios avalan la gran **sensibilidad negativa del rendimiento de los cultivos a temperaturas diurnas extremas** de en torno a 30 ºC. Esta sensibilidad ha sido detectada en varios cultivos y regiones y se manifiesta durante toda el periodo vegetativo (nivel de confianza alto). Varios estudios señalan que las **tendencias de temperatura** son importantes para determinar tanto los **impactos pasados como futuros** del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos a escala global y sub-continental (nivel de confianza medio). En relación con países concretos o a escala más reducida, las **proyecciones de precipitación** siguen siendo un **factor** importante, pero **incierto** para valorar futuros impactos (nivel de confianza alto).

En relación con los principales cultivos (trigo, arroz y maíz) en las **regiones templadas** y tropicales, las proyecciones señalan que el cambio climático **sin adaptación** tendrá un **impacto negativo** en la producción con aumentos de la temperatura local de 2 ºC o más por encima de los niveles de finales del siglo XX, aunque puede haber localidades individuales que resulten beneficiadas de este aumento (nivel de confianza medio) (véase Figura 1). Los **impactos** proyectados **varían para los distintos** cultivos y regiones y los diferentes escenarios de adaptación; alrededor de un 10% de las proyecciones para el periodo 2030-2049 muestran ganancias de rendimientos superiores al 10%, y alrededor de un 10% de las proyecciones muestran pérdidas superiores al 25%, en comparación con finales del siglo XX. Después de 2050, el riesgo de impactos más graves en el rendimiento aumenta y depende del nivel de calentamiento: en el futuro, la producción agrícola se verá consecuente y negativamente afectada por el cambio climático en países de latitudes bajas, mientras que **en latitudes septentrionales** puede tener efectos **positivos o negativos** (nivel de confianza alto).

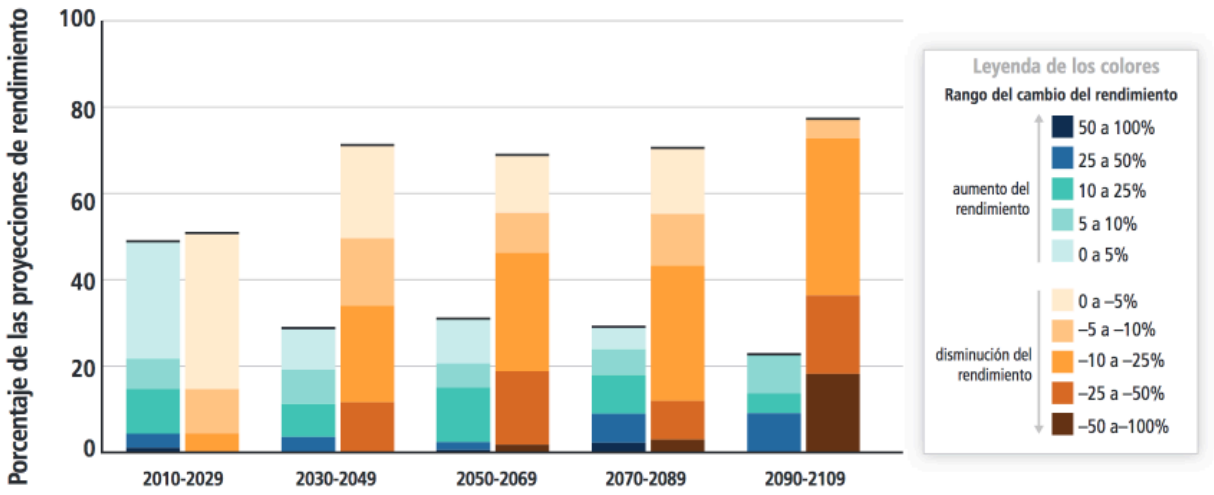


Figura RRP.7 | Resumen de los cambios proyectados en los rendimientos de los cultivos, debido al cambio climático a lo largo del siglo XXI. La figura incluye proyecciones para diferentes escenarios de emisiones, para regiones tropicales y templadas y para casos de adaptación e inadaptación combinados. Hay relativamente pocos estudios que consideren los impactos en los sistemas de cultivo para escenarios que contemplen un aumento de la temperatura media global de 4 °C o más. En relación con cinco períodos a corto y largo plazo, los datos (n=1 090) se indican en el período de 20 años en el eje horizontal que incluye el punto medio de cada período futuro de las proyecciones. Los cambios en el rendimiento de los cultivos son relativos a los niveles del final del siglo XX. Los datos para cada período totalizan el 100%. [figura 7-5]

Figura 1: Cambios proyectados en los rendimientos de los cultivos debido al cambio climático en el siglo XXI (IPCC, 2014)

En todas las regiones del mundo se ha observado el **adelanto de la floración y maduración** (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto) de la **uva y la manzana**. En el caso de los cultivos perennes, las proyecciones indican que continuará el descenso de la **acumulación de frío inverna**l, tan importante para los nogales y muchos frutales. En la mayoría de las regiones productoras de vino se espera una disminución de la idoneidad para la vid. La **producción y la calidad de la vid** se verán afectadas en Europa, EE UU y Australia.

En comparación con la producción agrícola, se ha publicado un número considerablemente inferior de trabajos sobre los impactos registrados sobre la producción de otros sistemas de producción de alimentos, como la **ganadería.** La relativa falta de evidencias es reflejo de la falta de estudios sobre el tema, pero no necesariamente de la ausencia de impactos reales de las tendencias climáticas observadas.

1.3 CONTEXTO EUROPEO

1.3.1 Zonas de riesgo climático

En la contribución del Grupo de Trabajo II (GTII) al Quinto Informe de Evaluación del IPCC, WGII AR5 (IPCC, 2014), La región europea se divide en cinco sub-regiones: Atlántica, Alpina, Meridional, Continental y Septentrional. Esta división en sub-regiones proviene de la agregación de zonas climáticas realizada por Metzger et al. (2005) y por tanto representa zonas geográficas y ecológicas, más allá de límites administrativos (véase Figura 2)

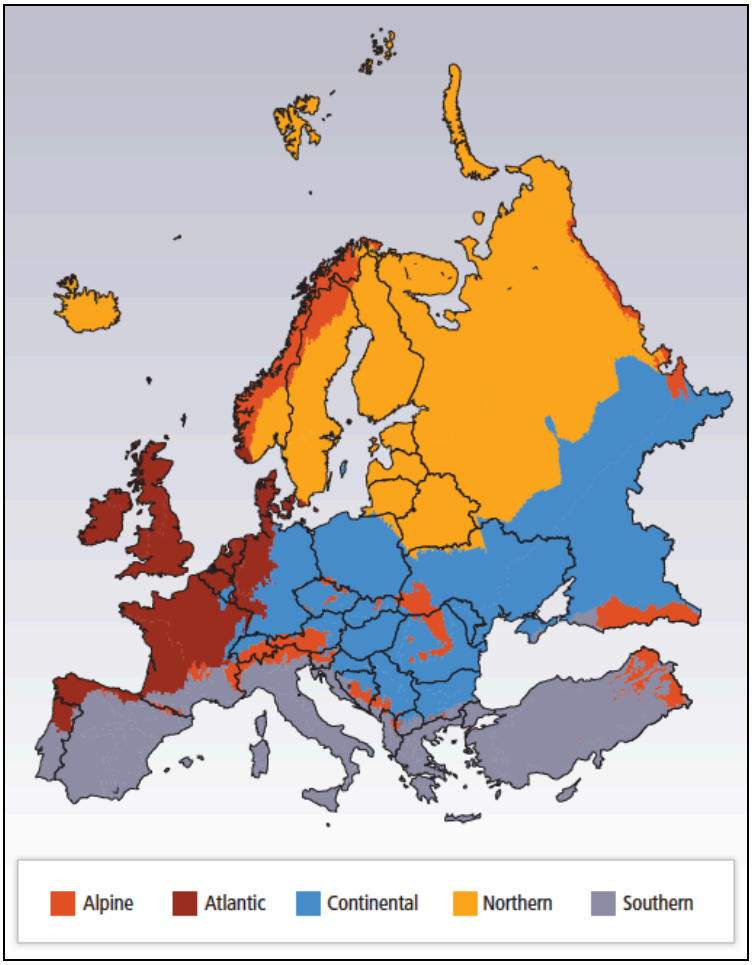


Figura 2: Zonas de Riesgo Climático en Europa (IPCC, 2014)

1.3.2 Cambio climático registrado

Las tendencias climáticas observadas y las proyecciones para el futuro señalan en Europa cambios en temperaturas y precipitaciones que varían de una región a otra (nivel de confianza alto), en consonancia con los hallazgos del Cuarto Informe de Evaluación (AR4, Fourth Assesment Report), donde las proyecciones indican un **incremento de las temperaturas** por toda Europa, un **incremento de las precipitaciones** en Europa septentrional y una **disminución de las precipitaciones** en Europa meridional (IPCC, 2014).

La temperatura media en Europa ha seguido aumentando desde la elaboración del AR4 y las diferentes tasas estacionales y regionales son **mayores en las latitudes altas de Europa**

septentrional. Desde la década de 1980, el calentamiento ha sido más acusado en Escandinavia, sobre todo en invierno, mientras que la Península Ibérica sufrió mayor calentamiento sobre todo en verano (IPCC, 2014).

Según tres registros diferentes de la temperatura anual global media cerca de la superficie (en tierra y en el océano), la década comprendida entre 2006 y 2015 fue de **0,83 ºC a 0,89 ºC** más cálida que la media anterior a la industrialización. Esto la convierte en la **década más cálida** registrada hasta la fecha. 15 de los 16 años más cálidos registrados se han producido desde el año 2000 y **2015 fue el año más cálido** de todos los registrados: en torno a 1 ºC más cálido que el periodo anterior a la industrialización (EEA, 2016). Durante el decenio 2006-2015, la tasa de cambio en la temperatura global media en superficie fue de entre **0,10 y 0,24 ºC** por década. Esto se aproxima a los límites indicativos de 0,2 ºC/década (EEA, 2016).

Para el decenio 2006-2015, la temperatura media anual de la extensión terrestre europea fue de en torno a **1,5 ºC** por encima del nivel anterior a la industrialización. Esto lo convierte en el decenio más cálido de los registrados. Además, los años 2014 y 2015 fueron el **bienio más cálido de Europa** desde que comenzaron los registros instrumentales (EEA, 2016).

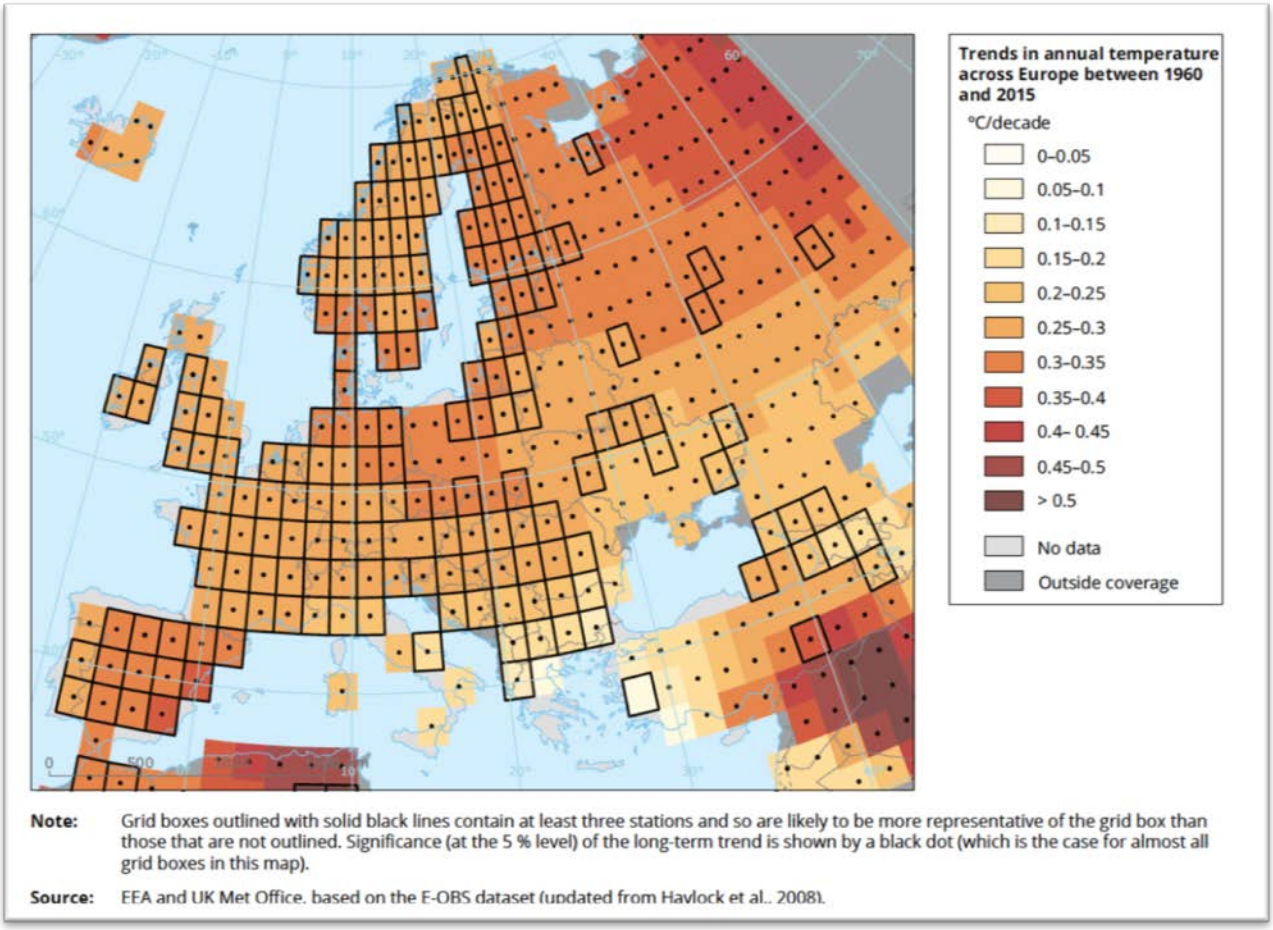


Figura 3: Tendencias de la temperatura anual en Europa entre 1960 y 2015 (EEA, 2016) [1]

[1] **Nota:** Las celdillas perfiladas con una línea negra cuentan con al menos tres estaciones de observación y, por tanto, es probable que sean más representativas de la propia celdilla que las no perfiladas. Los puntos negros de las celdillas indican que la tendencia es estadísticamente significativa (al 5%) (lo que sucede en casi todas las celdillas de este mapa).
Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, European Environment Agency) y UK Met Office, basado en el conjunto de datos E-OBS (actualizado con Haylock y otros, 2008).

Desde 1950, las **temperaturas extremas altas** (días calurosos, noches tropicales y olas de calor) se han vuelto **más frecuentes**, mientras que las **temperaturas extremas bajas** (periodos fríos, días de helada) se han vuelto **menos frecuentes** (IPCC, 2014).

Desde 1880, la **duración** media de las **olas de calor estivales** en Europa occidental se ha duplicado y la frecuencia de los **días cálidos casi se ha triplicado**. Desde 1960, el número de días cálidos (los que superan el umbral del percentil 90 de un periodo de referencia) **casi se ha duplicado** por toda la extensión terrestre europea (EEA, 2016).

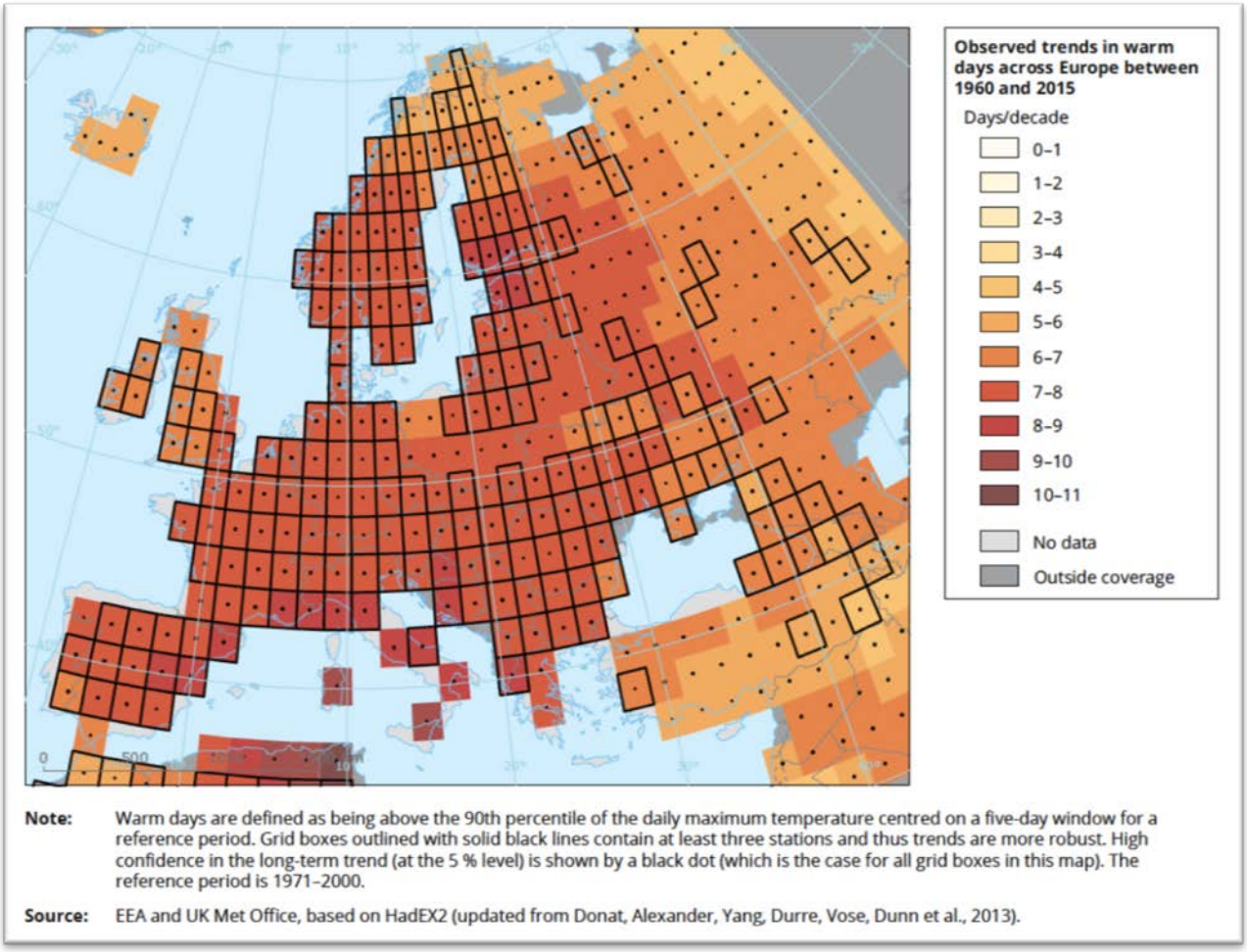


Figura 4: Tendencia observada de días cálidos en toda Europa entre 1960 y 2015 (EEA, 2016) [2]

Europa ha experimentado **varias olas de calor extremo** desde el año 2000 (2003, 2006, 2007, 2010, 2014 y 2015), como la catastrófica sequía asociada a la ola de calor del verano de **2003** en zonas centrales del continente y la sequía de **2005** en la Península Ibérica. La gravedad y la

---

Leyenda: Tendencia de las temperaturas anuales en toda Europa entre 1960 y 2015º C / década

[2] **Nota:** Los días cálidos se definen como aquellos situados por encima del percentil 90 de la temperatura máxima diaria centrados en un margen de 5 días para un periodo de referencia. Las celdillas perfiladas con una línea negra contienen al menos tres estaciones de observación, por lo que la tendencia es más sólida. El punto negro de las celdillas indica un nivel de confianza alto de la tendencia a largo plazo (al 5%) (lo que sucede en casi todas las celdillas de este mapa). El periodo de referencia es 1971-2000.
Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, European Environment Agency) y UK Met Office, basado en HadEX2 (actualizado con Donat, Alexander, Yang, Durre, Vose, Dunn y otros, 2013).
Leyenda: Tendencia observada de días cálidos en toda Europa entre 1960 y 2015. Días / década

frecuencia de las **sequías** parecen haberse incrementado en zonas de Europa, concretamente en Europa meridional (EEA, 2012).

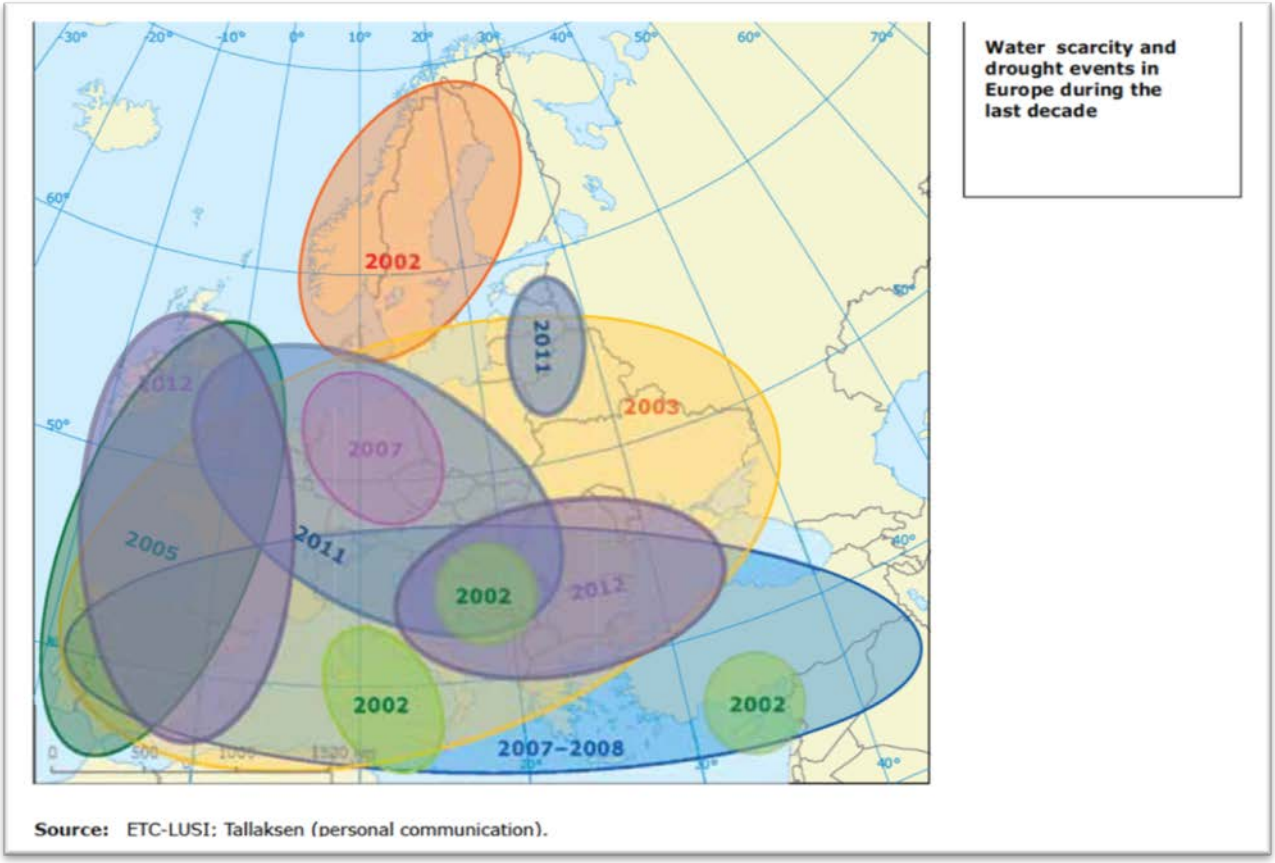


Figura 5: Escasez de agua y sequías en Europa durante la última década (EEA, 2012) [3]

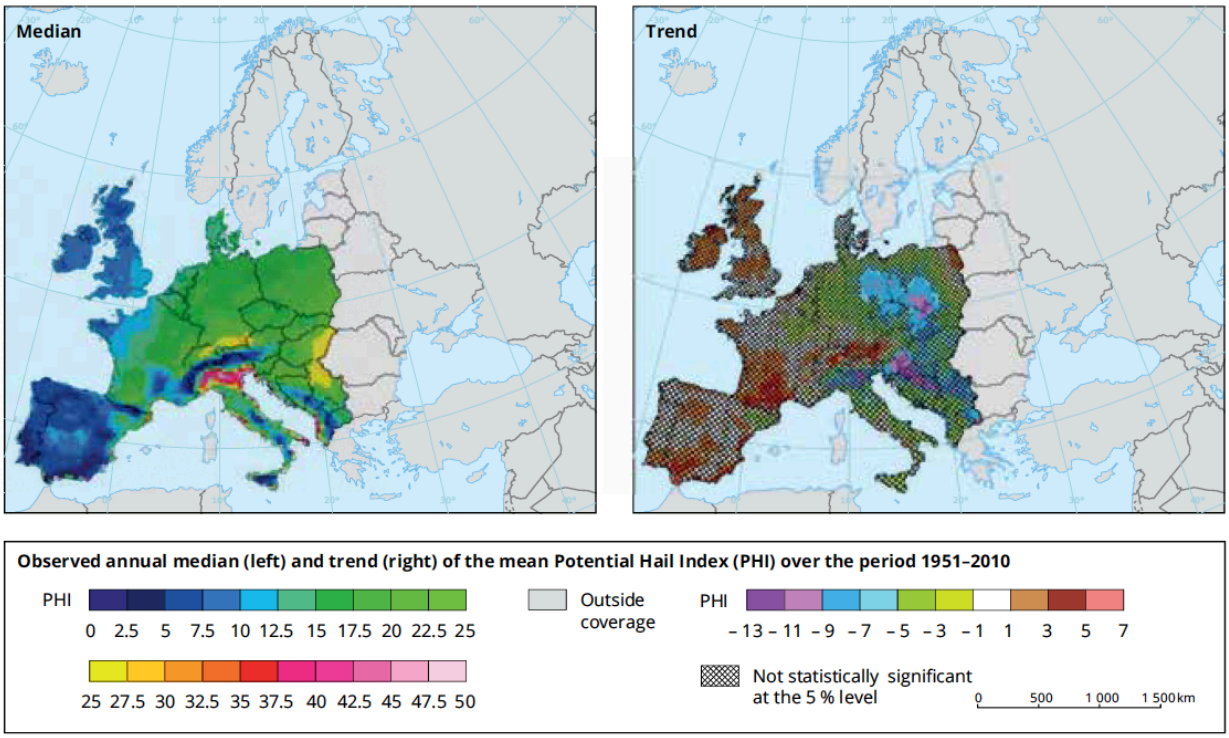
Desde 1950, **las precipitaciones anuales se han incrementado en Europa septentrional** (hasta +70 mm por década), **y disminuido** (hasta 70 mm por década) en zonas de **Europa meridional.** Las tendencias de precipitaciones estacionales muestran un incremento de las **precipitaciones invernales en Europa septentrional y una disminución en Europa meridional**, si bien con grandes variaciones interanuales (EEA, 2012). La intensidad de los episodios de precipitaciones intensas en verano e invierno ha aumentado en Europa septentrional y nororiental desde la década de 1960. Diferentes índices muestran tendencias divergentes para Europa suroccidental y suroriental (EEA, 2016).

La extensión del **manto de nieve invernal** tiene una alta variabilidad interanual y presenta una tendencia negativa no significativa durante el periodo 1967-2007. La extensión del manto de nieve en el Hemisferio Norte ha disminuido un 7% en el mes de marzo y un 11% en el de abril durante las últimas 4 décadas. En invierno y otoño no se han producido cambios significativos (EEA, 2012).

La velocidad **media del viento** ha descendido en toda Europa a lo largo de las últimas décadas (IPCC, 2014). Durante el siglo pasado, la localización, frecuencia e intensidad de los ventarrones ha mostrado una considerable variabilidad según décadas, de manera que no se aprecia ninguna tendencia significativa a largo plazo (EEA, 2016).

[3] **Leyenda:** Escasez de agua y sequías en Europa durante la última década
Fuente: ETC-LUSI; Tallaksen (comunicación personal).

En varias regiones europeas, las **granizadas** son uno de los fenómenos relacionados con el clima que mayores pérdidas económicas conllevan, pues producen, por ejemplo, daños sustanciales en los cultivos. El **número de granizadas alcanza su máximo** en zonas montañosas y pre-alpinas. Desde 1951 se han apreciado un aumento de la tendencia de las granizadas en el sur de Francia y Austria, así como una disminución (pero no significativas desde el punto de vista estadístico) en zonas de Europa oriental (EEA, 2016).

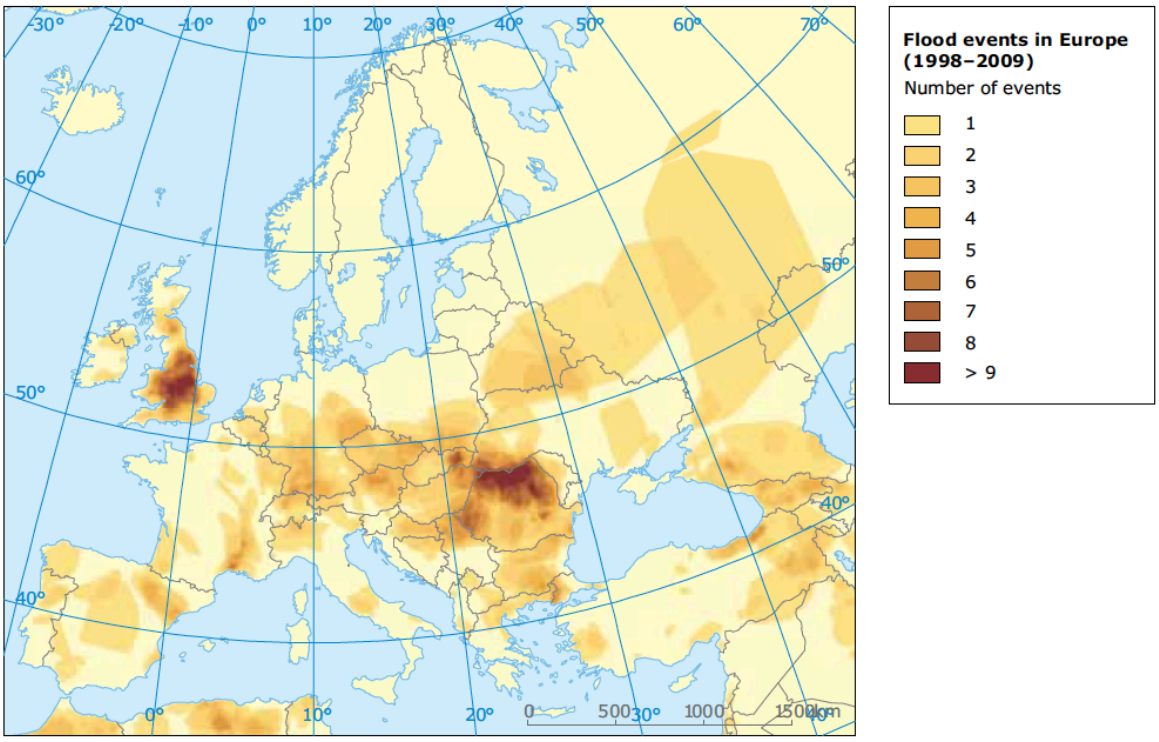


Note: Trends that are not significant at the 5 % level are cross-hatched. Significant trends are found only for values below a PHI of – 5 over the period.

Source: Based on the logistic hail model (Mohr, Kunz, and Geyer, 2015) and reanalysis data from NCEP-NCAR (Kalnay et al., 1996).

Figura 6: Media anual observada y tendencia de la media del Índice Potencial de Granizada (PHI) para el periodo 1951-2010 (EEA, 2016)

Desde 1980 se han registrado en Europa más de 325 **crecidas de ríos**, más de 200 de las cuales se han producido desde el año 2000. El aumento del número de inundaciones registradas en las últimas décadas se deriva principalmente de la mejora en el registro e información de estos datos y de los cambios en el uso de la tierra (EEA, 2012).



Source: EEA, based on Dartmouth Flood Observatory, 2012.

Figura 7: Ocurrencia de inundaciones en Europa entre 1998 y 2009 (EEE, 2012)

El **ozono troposférico** (contaminante del aire) es enormemente reactivo y, por tanto, **nocivo para la vegetación**, los materiales y la salud humana. En Europa, las emisiones de precursores del ozono se han reducido de manera sustancial en los últimos años, mientras que las concentraciones medias de ozono se han estancado en buena medida.

La formación del ozono troposférico a partir del aumento de las concentraciones de CH4 puede contribuir también al sostenimiento de los niveles de ozono en Europa (EEA, 2012).

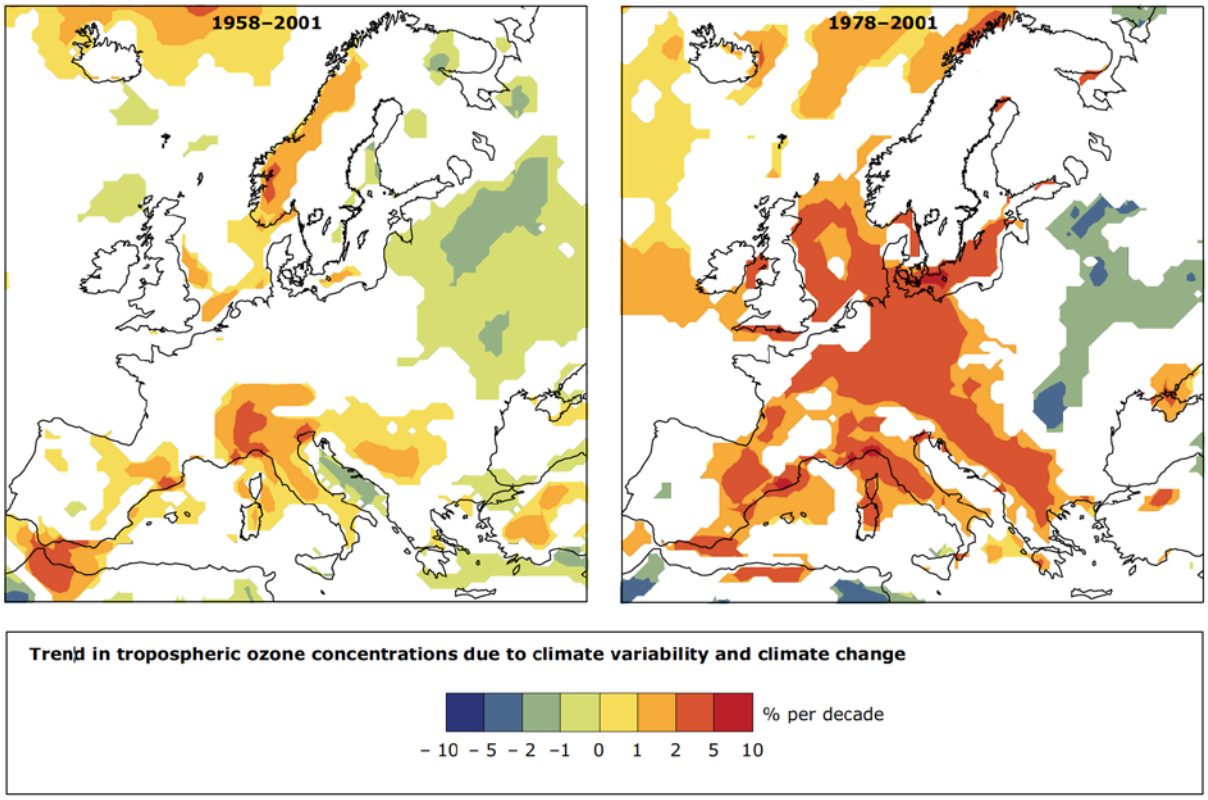


Figura 8: Cambio modelado de las concentraciones de ozono troposférico en Europa, 1958-2001 y 1978-2001

1.3.3 Proyecciones sobre cambio climático y clima extremo

CAMBIO CLIMÁTICO

Los modelos climáticos muestran una coincidencia relevante para todos los escenarios de emisión del **calentamiento** (magnitud y tasa) en toda Europa, según lo cual se prevé que el mayor calentamiento se producirá en Europa meridional en verano y en Europa septentrional en invierno. Incluso bajo un incremento medio de la temperatura global limitado a **2ºC** con respecto a la época anterior a la industrialización, las simulaciones muestran que en las **próximas décadas** el clima de Europa parece **apartarse de forma significativa del clima actual** (IPCC, 2014).

Los modelos climáticos proyectan más incrementos de la **temperatura global media** durante el siglo XXI. Para el periodo 2081-2100 (en comparación con el periodo 1986-2005), se estiman incrementos (EEA, 2016) de entre **0,3ºC y 1,7ºC** para el escenario de emisiones más bajas (RCP 2.6 [Representative Concentration Pathway]) y de entre 2,6ºC y 4,8ºC para el escenario de emisiones más elevadas (RCP 8.5) (EEA, 2016).

Las proyecciones indican que antes de que termine este siglo (2071-2100, en comparación con el periodo 1971-2000), la **temperatura terrestre media** anual en Europa se incrementará entre 1ºC y 4,5ºC según el escenario de emisiones RCP 4.5 y entre 2,5ºC y 5,5ºC según el escenario de emisiones RCP 8.5. Esto es más del promedio global. Las proyecciones indican asimismo que el calentamiento más acusado se producirá en Europa nororiental y Escandinavia en invierno y en Europa meridional en verano (EEA, 2016).

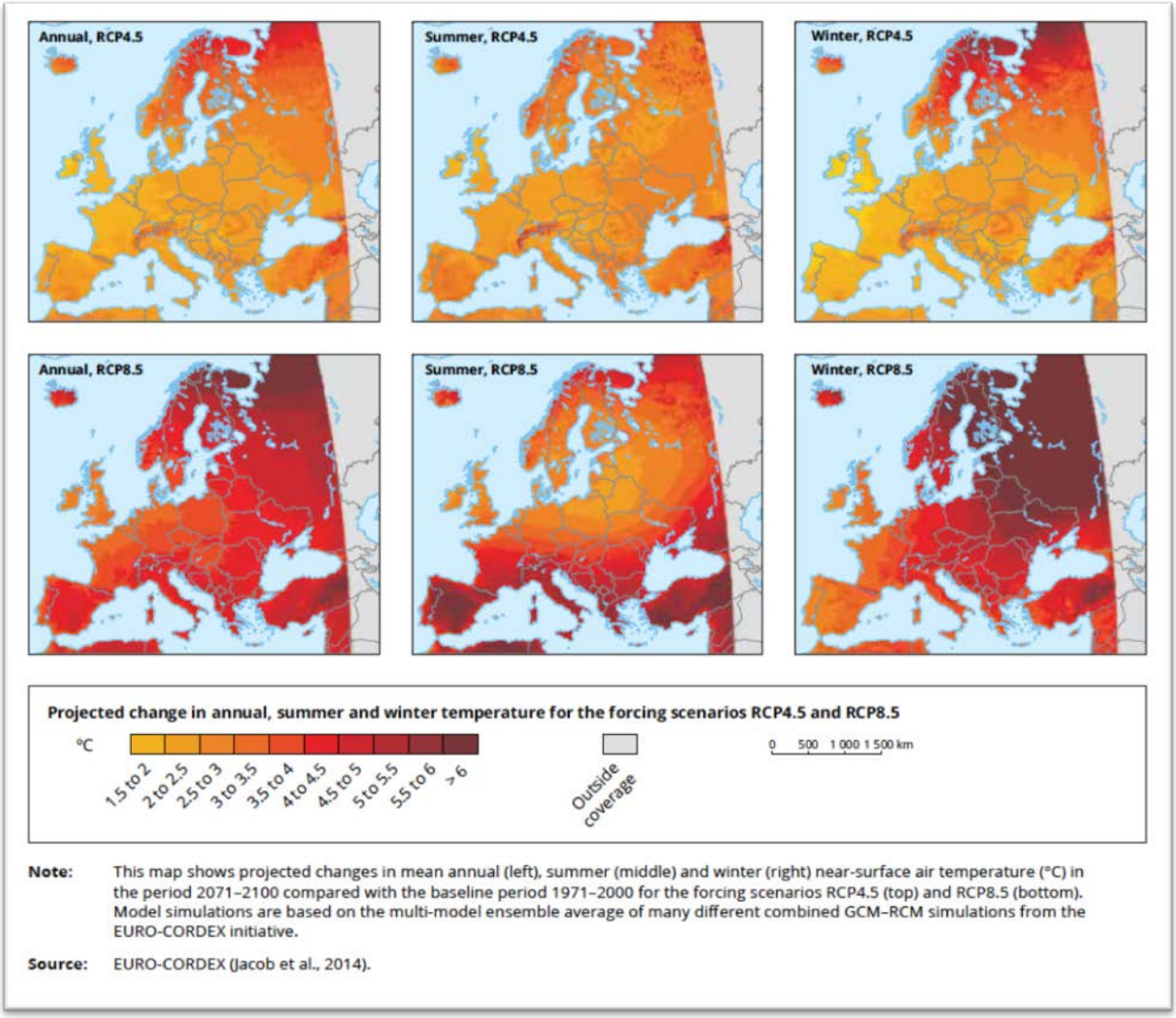


Figura 9: Cambios apuntados por las proyecciones de temperaturas medias anuales, estivales e invernales para los escenarios de forzamiento RCP 4.5 y RCP 8.5 (EEA, 2016) [4]

Las **señales de precipitación** varían según regiones y estaciones. Las tendencias no están tan claras en Europa continental, pero hay coincidencia en que **aumentarán en Europa septentrional** y **disminuirán en Europa meridional** (nivel de confianza medio). Las proyecciones indican una disminución en los meses veraniegos que afectarán hasta el sur de Suecia y un incremento en verano, con más lluvia que nieve, en regiones montañosas. Las proyecciones indican que a finales del siglo XXI Europa septentrional experimentará una **disminución del banco de nieve medio a largo plazo** (aunque seguirá habiendo inviernos con

[4] **Proyección del cambio climático en las temperaturas anuales, estivales e invernales, para los escenarios de forzamiento RCP 4.5 y RCP 8.5**
Nota: Este mapa muestra los cambios que apuntan las proyecciones de temperaturas medias (ºC) del aire en superficie anuales (izquierda), estivales (centro) e invernales (derecha) para el periodo 2071-2100, comparado con el periodo de referencia 1971-2000 para los escenarios de forzamiento RCP 4.5 (arriba) y RCP 8.5 (abajo). Las simulaciones de los modelos se basan en el conjunto multimodelos promedio de muchas simulaciones diferentes combinadas del GCM-RCM (Modelo sobre el Clima Mundial-Modelo Climático Regional) de la iniciativa EURO-CORDEX.
Fuente: EURO-CORDEX (Jacob y otros, 2014).

abundancia de nieve). Carecemos de información sobre los cambios pasados y futuros en las granizadas en Europa. La variación de las tendencias de las futuras pautas de circulación de vientos y velocidad media del viento son de signo incierto.

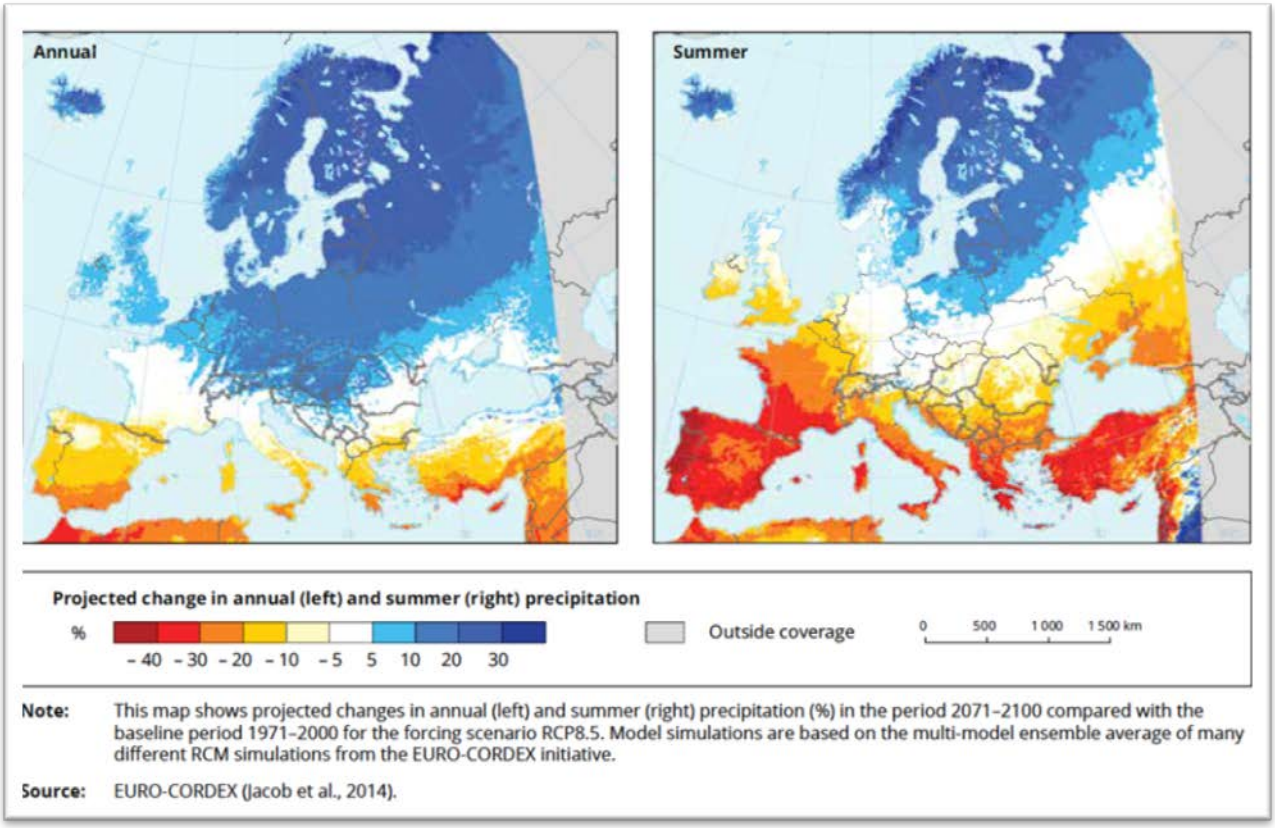


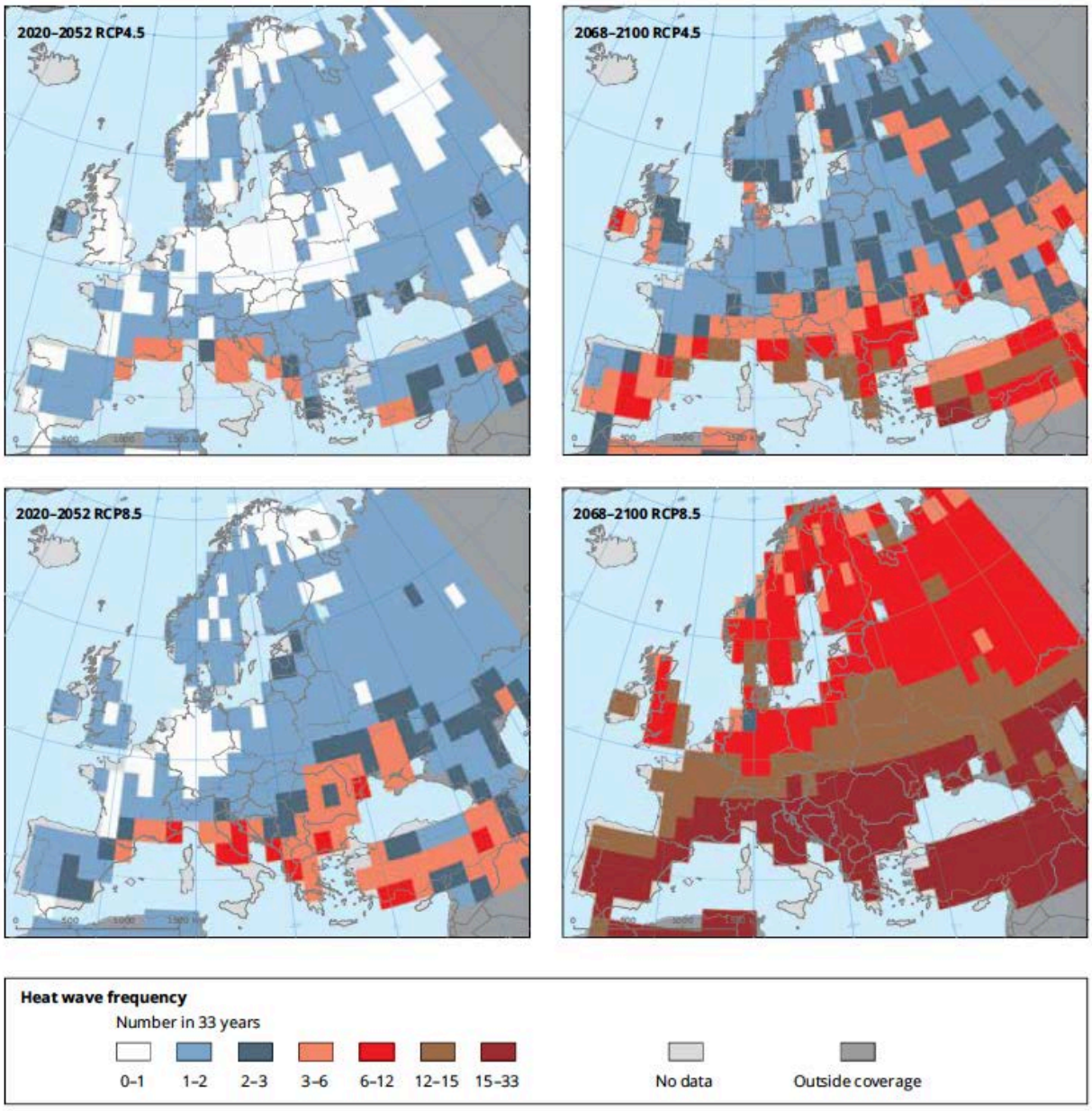
Figura 10: Proyección de los cambios en las precipitaciones anuales y estivales (EEA, 2016)[5]

CLIMA EXTREMO

Las proyecciones climáticas muestran un **marcado incremento en las altas temperaturas** extremas (nivel de confianza alto), las **sequías meteorológicas** (nivel de confianza medio) y los **fenómenos de precipitaciones intensas** (nivel de confianza alto), con variaciones en toda Europa y **ligeros o inexistentes cambios en las velocidades del viento extremas** (nivel de confianza bajo), exceptuando los incrementos de la velocidad del viento extrema en invierno en Europa central y septentrional (nivel de confianza medio) (IPCC, 2014).

Hay un nivel de confianza alto generalizado en relación con los cambios de las **temperaturas extremas** (incremento de los días cálidos, las noches cálidas y las olas de calor). La proyección indica que en el siglo XXI las altas temperaturas extremas se volverán más frecuentes y durarán más en toda Europa (EEA, 2012).

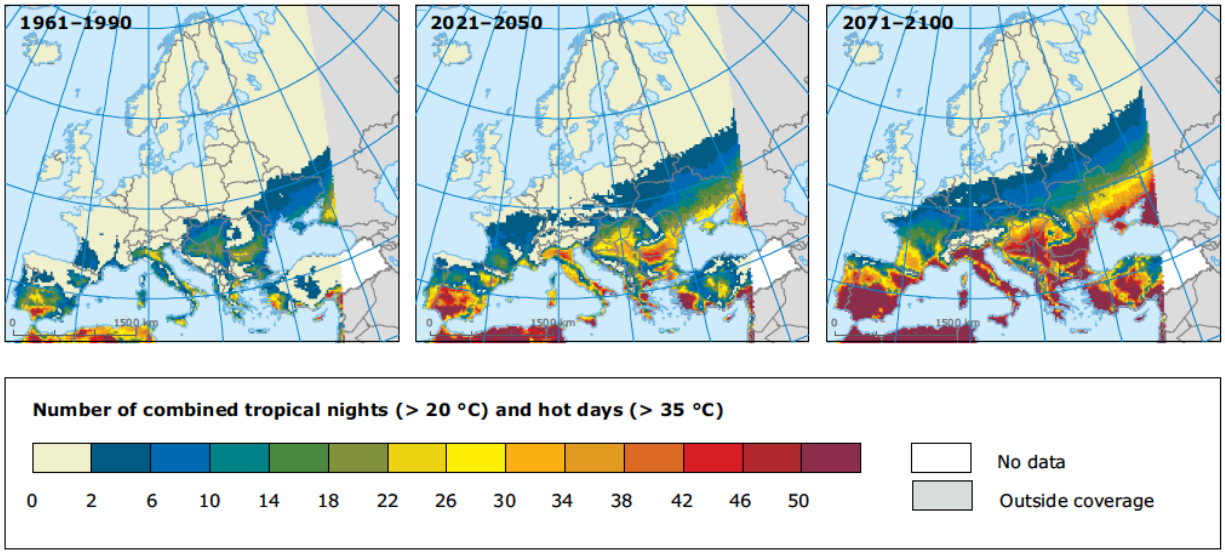
[5] **Proyección del cambio en las precipitaciones anuales (izquierda) y estivales (derecha)**
Nota: Este mapa muestra las proyecciones en los cambios en las precipitaciones (%) anuales (izquierda) y estivales (derecha) para el periodo 2071-2100, en relación con el periodo de referencia 1971-2000 para el escenario de forzamiento RCP 8.5. Las simulaciones de los modelos se basan en los conjuntos multi-modelos promedio de muchas simulaciones de RCM diferentes tomadas de la iniciativa EURO-CORDEX.
Fuente: EURO-CORDEX (Jacob y otros., 2014).



Note: Very extreme heat waves are defined as having a HWMI above 8. For comparison, the 2003 western European heat wave had an average HWMI of around 3, and the 2010 eastern European heat wave had an average HWMI of around 5. The upper maps show the median number of very extreme heat waves in a multi-model ensemble of GCMs of the near future (2020–2052) and the latter half of the century (2068–2100) under the RCP4.5 scenario. The lower maps are for the same time periods but under RCP8.5.

Source: Adapted from Russo et al., 2014.

Figura11: Número de olas de calor muy extremas en climas futuros bajo dos escenarios de forzamiento climático diferentes (EEA, 2016)



Note: Extreme high temperatures are represented by the combined number of hot summer (June–August) days (TMAX > 35 °C) and tropical nights (TMIN > 20 °C). All projections are the average of six regional climate model (RCM) simulations of the EU ENSEMBLES project using the IPCC SRES A1B emission scenario for the periods 1961–1990, 2021–2050 and 2071–2100.

Source: Fischer and Schär, 2010. © Nature Publishing Group. Reprinted with permission.

Figura 12: Proyecciones de temperaturas extremas altas (EEA, 2012)

Las proyecciones bajo el escenario de emisiones elevadas (RCP 8,5) indican que en la segunda mitad del siglo XXI se producirán olas de calor muy extremas tan intensas como en el año 2000, e incluso más extensas, con una frecuencia de **dos años**. Los **impactos serán particularmente fuertes en Europa meridional** (EEA, 2016).

Las proyecciones muestran **un aumento en las precipitaciones diarias intensas en la mayor parte de Europa en invierno**, hasta un 35% durante el siglo XXI. Se prevé que las precipitaciones intensas en invierno aumenten en la mayor parte de Europa, con incrementos de hasta un 30% en el noreste de Europa. En verano, se prevé también un aumento en la mayor parte de Europa, pero se prevén reducciones en algunas regiones del sur y suroeste de Europa (EEA, 2016).

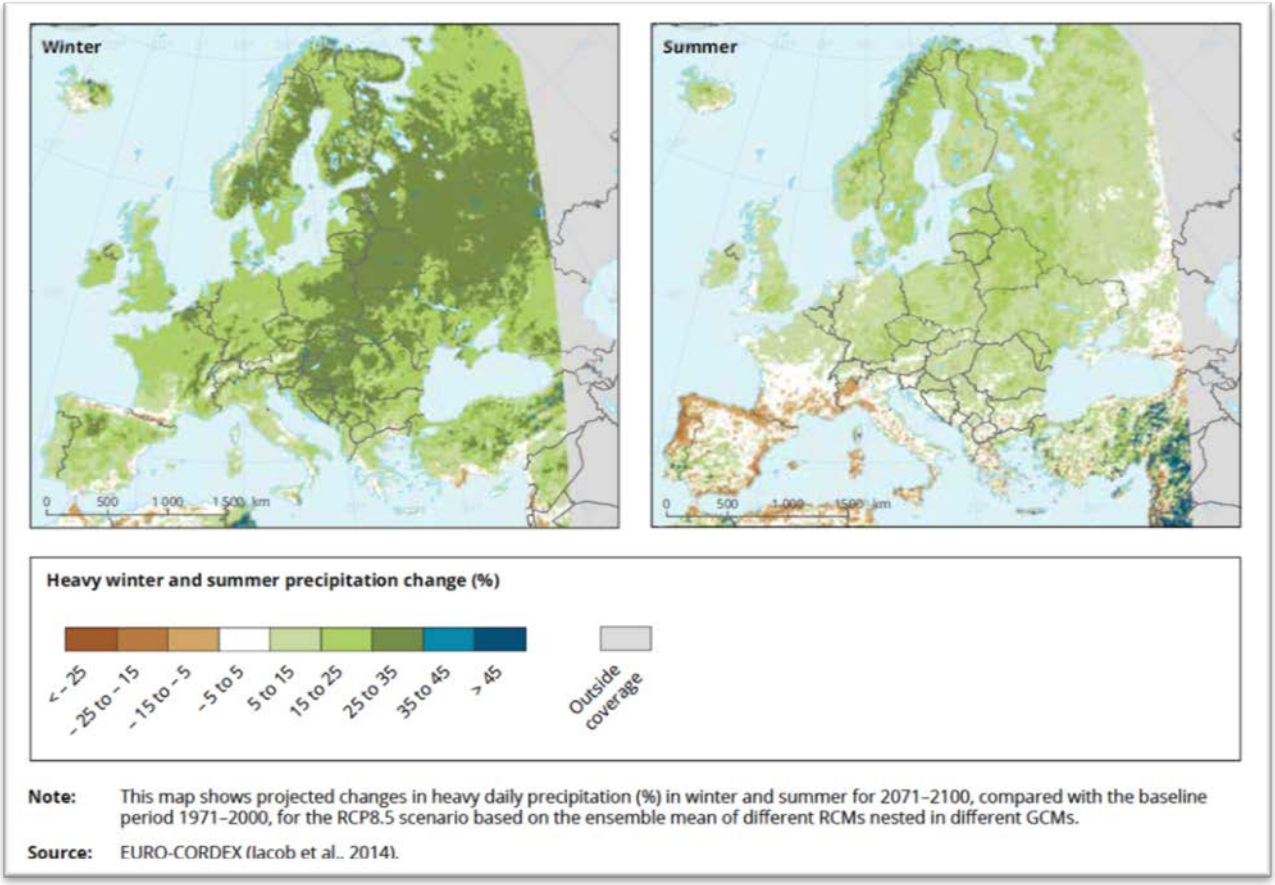
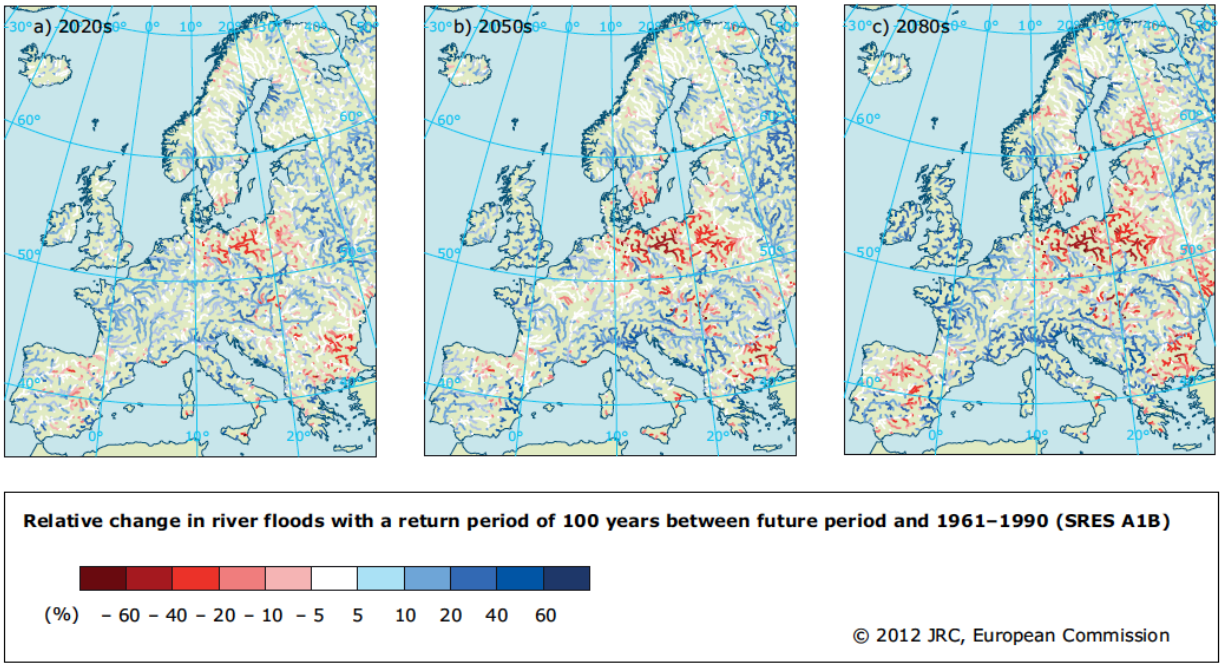


Figura 13: Proyección de los cambios en las precipitaciones intensas en invierno y verano (EEA, 2016)[6]

Las proyecciones indican que el calentamiento global **intensificará el ciclo hidrológico** e incrementará el número de inundaciones y su frecuencia en grandes regiones de Europa. Es probable que las **crecidas repentinas y las inundaciones**, que vienen desencadenadas por episodios locales de precipitaciones intensas, se vuelvan **más frecuentes en toda Europa**. En regiones donde la proyección indica una reducción de la acumulación de nieve durante el invierno, el riesgo de inundaciones en primaveras tempranas podría disminuir. Sin embargo, las proyecciones cuantitativas de los cambios en la frecuencia y la magnitud de las inundaciones siguen siendo muy inciertas (EEA, 2012).

Sequía en los flujos fluviales: las regiones más propensas a padecer un incremento del **riesgo de sequía** son las de **Europa meridional y suroriental**, pero las proyecciones también muestran que en muchas otras zonas del continente disminuirá de forma significativa el flujo fluvial mínimo, en especial en verano.

[6] **Variación de las precipitaciones intensas invernales y estivales**
Nota: Este mapa muestra las variaciones proyectadas en las precipitaciones intensas diarias (%) en invierno y verano para el periodo 2071-2100, comparado con el periodo de referencia 1971-2000, para el escenario RCP 8.5 basado en la media del conjunto de simulaciones de diferentes RCM alojadas en diferentes modelos del clima mundial (GCM).
Fuente: EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014).

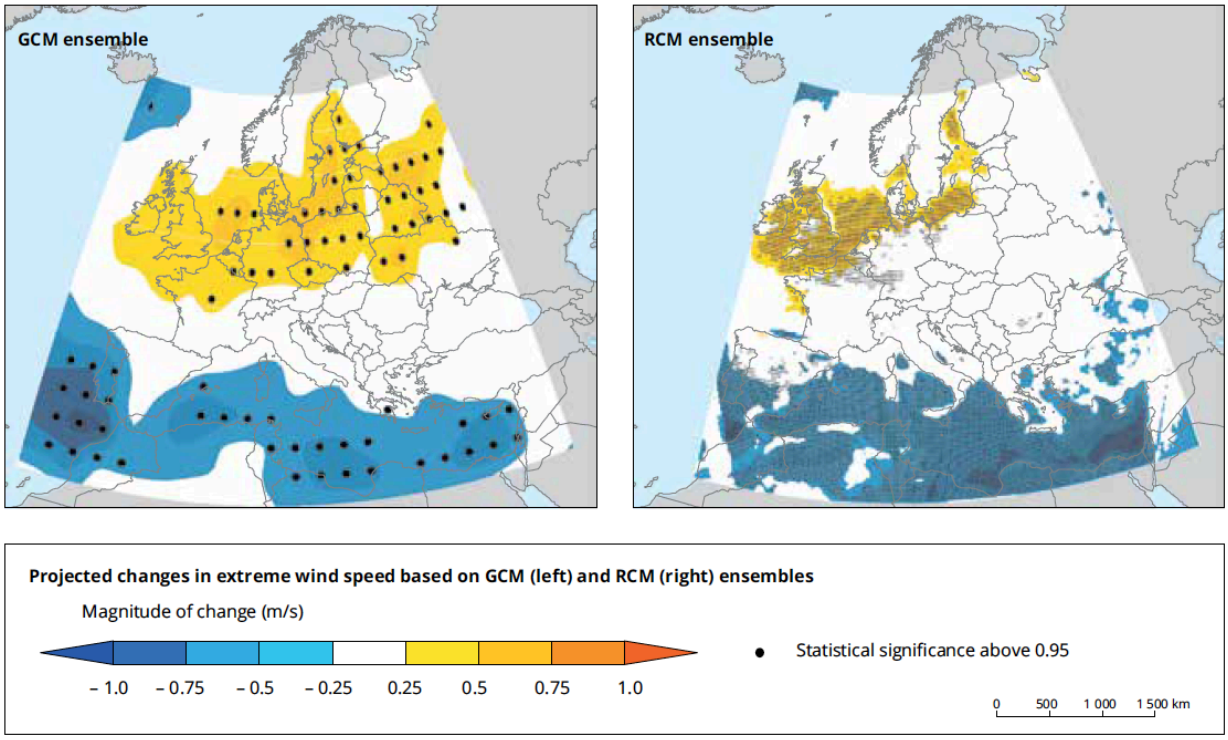


Note: Projected change in the level of a 100-year maximum level of river discharge between the reference period 1961–1990 and the 2020s (left), 2050s (centre) and the 2080s (right) based on an ensemble of 12 RCM simulations with LISFLOOD for the SRES A1B scenario.

Source: Rojas et al., 2012.

Figura 14: Cambio proyectado en los flujos fluviales con un período de retorno de 100 años (EEA, 2012)

Las simulaciones de cambio climático ofrecen proyecciones divergentes sobre la variación en el número de **tormentas invernales** en toda Europa. Sin embargo, la mayoría de los estudios coinciden en que a lo largo del siglo XXI el riesgo de tormentas invernales severas, y posiblemente de tormentas otoñales severas, se incremente en el Atlántico Norte y Europa septentrional, noroccidental y central (EEA, 2016).



Note: This map shows the ensemble mean of changes in extreme wind speed (defined as the 98th percentile of daily maximum wind speed) for A1B (2071–2100) relative to 1961–2000. Left: based on nine GCMs. Right: based on 11 RCMs. Coloured areas indicate the magnitude of change (unit: m/s) and statistical significance at the 5 % level is shown by black dots.

Source: Adapted from Donat, Leckebusch et al., 2011. Reproduced with permission.

Figure 15: Projected changes in extreme wind speed based on GCM and RCM ensembles

Las proyecciones futuras de **granizadas** están sujetas a grandes incertidumbres, pues en los modelos climáticos globales y regionales no se pueden representar directamente las granizadas a pequeña escala. Sin embargo, los estudios basados en modelos para Europa central muestran cierta coincidencia en que la frecuencia de granizadas aumentará en esta región (EEA, 2016).

Se espera que el cambio climático afecte a las **futuras concentraciones de ozono** debido a los cambios de las condiciones meteorológicas, así como al aumento de las emisiones de precursores específicos del ozono (por ejemplo, el aumento de isopreno de la vegetación con el aumento de las temperaturas) y/o las emisiones producidas por los incendios forestales, que pueden aumentar bajo los periodos de sequía extensos. La mayoría de los vínculos entre factores climáticos individuales y la formación de ozono son bien conocidos, pero la cuantificación de los futuros niveles de ozono a nivel de suelo sigue siendo incierta debido a la compleja interacción de estos procesos.

1.3.4 Impactos registrados y futuros sobre la agricultura

El **cambio climático registrado** en Europa ha tenido un amplio abanico de consecuencias por todo el continente europeo, entre las que se encuentra la distribución, fenología y abundancia de las especies de animales, peces y plantas (nivel de confianza alto) (IPCC, 2014).

Tabla 1: Cambios observados en la Agricultura (IPCC, 2014)

	Indicador	Cambio en el indicador	Nivel de confianza	Confianza en Atribución al cambio de factores climáticos *	Documentos de referencia	Sección
Agricultura, pesca, bosques y producción de bioenergía	Rendimientos de cultivos C3	CO_2- Para los cultivos C3 ha inducido mayores rendimientos desde la era pre-industrial	Nivel de confianza Alto (evidencias robustas)	Nivel de confianza Alto (evidencias robustas)	Amthor (2001); Long et al. (2006); McGrath and Lobell (2011)	7.2.1
	Rendimientos de trigo	Estancamiento de rendimientos del trigo en algunos países en las últimas décadas	Nivel de confianza Alto(evidencias robustas)	Nivel de confianza medio	Brisson et al. (2010); Kristensen et al. (2011); Lobell et al. (2011)	23.4.1
	Fenología, verdor en las hojas	Desarrollo temprano del verdor de las hojas, brote de hojas temprano y fructificación temprana en climas templados y boreales.	Nivel de confianza Alto(evidencias robustas)	Nivel de confianza Alto(evidencias robustas)	Menzel et al. (2006)	4.4.1.1

1.3.5 Generalidades: características climáticas, desarrollo y crecimiento vegetal

El **objetivo** de esta sección es identificar y caracterizar los fenómenos climáticos que impactan sobre el rendimiento de los cultivos (anuales o perennes). Desde un punto de vista fisiológico (y si tenemos en cuenta solo los vínculos entre el cultivo y la atmósfera), un cultivo requiere lo siguiente para desarrollarse y crecer: radiación, CO_2, acumulación de altas temperaturas, acumulación de bajas temperaturas (para algunas especies) y agua.

El **desarrollo** consiste en el conjunto de cambios cualitativos que se producen durante la vida de un cultivo. Los estadios fenológicos indican el desarrollo de un cultivo.

El **crecimiento** se define como los cambios cuantitativos irreversibles producidos durante la vida de un cultivo: crecimiento de internodos, multiplicación celular, etc. En la agricultura, podemos resumir que el crecimiento es acumulación de biomasa.

NECESIDADES DE RADIACIÓN

El papel de la radiación guarda relación con la fotosíntesis. La radiación aporta al cultivo la energía para la fotosíntesis. Esta energía es transmitida por la luz en forma de fotones (que capta la clorofila), que a continuación se transforma en energía química (mediante la transferencia de electrones y protones en los cloroplastos) y se acumula en forma de azúcar.

EXIGENCIAS DE CO_2

El carbono del CO_2 es uno de los elementos que se acumula en forma de azúcar en las plantas. Hay dos familias de plantas que tienen diferentes rutas metabólicas para la fijación de carbono (a través de la fotosíntesis) según lo cual se las conoce como plantas C3 o plantas C4. La fotosíntesis C4 predomina particularmente entre las gramíneas tropicales (maíz, sorgo, caña de azúcar). Se diferencia del mecanismo de fijación de carbono C3 en la fotosíntesis y en la efectividad de este paso. Permite que estas plantas absorban todo el CO_2 de la atmósfera de la planta. La eficiencia de la fotosíntesis de las plantas C4 es significativamente superior a la de las plantas C3. Este mecanismo funciona aún mejor con mucha luz y temperatura alta.

El incremento de la concentración de CO_2 puede favorecer la fotosíntesis e incrementar la producción de biomasa y, por tanto, eleva el rendimiento de las «especies C3» de clima templado del 10 al 20 %. Por el contrario, este incremento no tendrá ningún impacto sobre las plantas C4.

Nota: Las plantas respiran a través de unos poros diminutos llamados **estomas**, situados en el envés de las hojas. Estos poros permiten entrar al dióxido de carbono y salir al oxígeno (y el agua). Las plantas abren y cierran sus estomas en respuesta a los cambios del entorno para obtener el CO_2 que necesitan y evitar secarse. El estado de apertura de los estomas es el resultado de la **conciliación entre la pérdida de agua y la asimilación de CO_2 del aire del ambiente**. Por ejemplo, si no hay suficiente agua, el consiguiente cierre de los estomas también afecta a la fotosíntesis porque impide el intercambio de gases. Estos fenómenos se podrían contrarrestar mediante un incremento de la concentración de CO_2 en el aire ambiental.

EXIGENCIAS DE TEMPERATURA ALTA

La temperatura es el motor del desarrollo de las plantas. El desarrollo se rige principalmente por la temperatura (concepto de suma térmica [GDD*, Growing Degree Days]). La temperatura influirá en la velocidad de desarrollo del cultivo y, por tanto, en sus ciclos (incluidos el llenado de los granos y, por consiguiente, el rendimiento). Cada planta (y cada variedad de ellas) tiene sus propias exigencias térmicas: una variedad de maíz requiere una suma térmica de 1700 para alcanzar el punto de cosecha (con una base de 6 ºC) y el trigo de invierno una suma térmica de 2350 (con una base de 0º C) para alcanzar el punto de maduración.

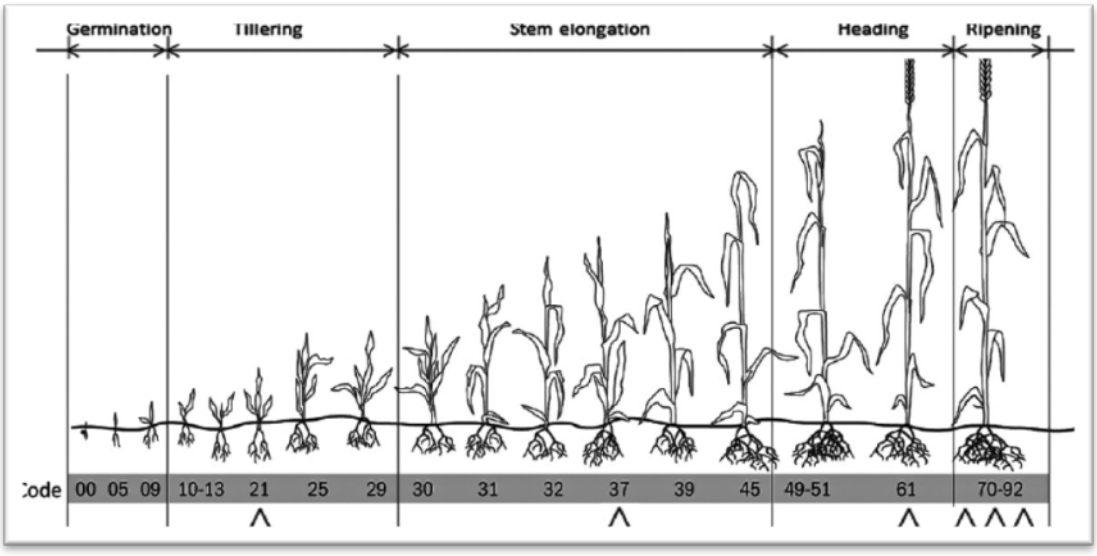


Figura 16: Los diferentes estadios fenológicos del trigo (requerimientos de Suma Térmica: espiga (1 cm) = 1100 GDD, fin de la maduración = 2350 GDD, base de 10 ºC)[7]

* La Suma Térmica (GDD, Growing Degree Days; también llamada Growing Degree Units, GDU) es una herramienta heurística de la fenología. La Suma Térmica es una forma de medir la acumulación de calor que emplean los agricultores para predecir las tasas de desarrollo de animales y plantas, como la fecha en que una planta va a florecer, o en que un insecto va a abandonar la dormición, o un cultivo va a madurar. La Suma Térmica es la integral de la curva de temperatura por encima de una temperatura base (Tbase). Una forma más sencilla y

[7] **Leyenda:** Germinación; Brotación; Elongación del tallo; Floración; Maduración

aproximadamente equivalente de calcularla es utilizar el promedio diario de la temperatura máxima y mínima comparado con una temperatura base. En forma de ecuación, es la siguiente:

- $GDD = (T\ max + T\ min)/2 - Tbase$

Es preciso señalar que por encima de una temperatura de 30 ºC, la mayoría de los cultivos ralentizan su desarrollo. Por tanto, incrementar la temperatura puede suponer acortar el ciclo vegetativo.

Los cultivos anuales que se siembran en otoño (trigo, colza,...) requieren, por lo general, temperaturas más bajas para florecer en primavera. El proceso fisiológico responsable de este comportamiento se denomina **«vernalización»**. Para pasar del estado vegetativo al estado de floración, los cereales de invierno deben permanecer a unas temperaturas lo bastante bajas durante su fase de juventud. Esta es la fase de vernalización que se puede definir como la adquisicón o aceleración de la capacidad de floración tras un periodo de frío. Este proceso se lleva a cabo con cambios morfológicos visibles y requiere unas temperaturas óptimas de entre 3 y 10 ºC (temperaturas medias diarias). Fuera de estos márgenes, se ralentiza o se detiene si las temperaturas caen por debajo de los -4 ºC o superan los 17 ºC.

Para la mayor parte de las especies de plantas perennes que crecen en nuestro clima, el descenso de las temperaturas durante la noche y la disminución de la exposición a la luz en otoño producen **la dormición**. La interrupción de este periodo de descanso está condicionado por muchos factores, entre los que se encuentran las bajas temperaturas. Este periodo de desarrollo se conoce como «necesidad de frío» (para iniciar la dormición), que es una característica esencial de las especies leñosas en zonas templadas. Esta necesidad se suele evaluar mediante una suma de frío (suma de temperaturas inferiores a 7 ºC).

La exigencia de frío (para iniciar la dormición) varía de una especie a otra y de una variedad a otra de la misma especie:

- Manzana 1200-1700 horas de frío (< 7 ºC) para iniciar la dormición
- Cereza: 1100-1300
- Albaricoque: 700-1000
- Almendra: 200-500
- Higuera: 200

En consecuencia, el aumento de las temperaturas reduce la acumulación de temperaturas bajas y tiene impacto negativo sobre la floración de los cultivos y/o las yemas de las especies leñosas.

EXIGENCIAS DE AGUA

El agua es el factor de crecimiento de la planta. El crecimiento viene regulado por muchos factores como la suficiencia de agua (o el estrés hídrico), la regulación de los estomas o la evapotranspiración.
La falta de agua puede tener un impacto negativo sobre la producción de biomasa. El exceso de agua (durante un periodo prolongado) puede desembocar en el fenómeno de la asfixia radicular.

PRINCIPALES PARÁMETROS CLIMÁTICOS PARA LOS CULTIVOS

Con el fin de simplificar el enfoque para clasificar el impacto del clima sobre las plantas, se ha decidido seleccionar cuatro **fenómenos meteorológicos principales** que directa o indirectamente afectan al rendimiento de los principales cultivos (anuales perennes):

- **Déficit de agua** (durante el periodo de crecimiento);
- **Exceso de agua;**
- **Alta temperatura;**
- **Baja temperatura.**

Además de los cambios a largo plazo de los cuatro fenómenos meteorológicos principales señalados más arriba, también hay que tener en cuenta la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos (granizo, heladas tardías, tormentas,...).

Nota bene: como el incremento de la concentración de CO_2 se considera igual en todas partes, no forma parte de los fenómenos que hay que describir a escala local (y lo mismo sucede con la radiación).

1.3.5.1 CULTIVOS ARABLES

PERIODO VEGETATIVO REGISTRADO

El periodo vegetativo es un indicador agrario básico para saber cuándo y dónde se pueden cultivar potencialmente determinados cultivos, siempre que haya suficiente agua, radiación y suelos apropiados. La duración del periodo vegetativo se define para gran parte de Europa por la **duración del periodo con temperaturas superiores a un determinado umbral**. **La duración de la estación sin heladas** se considera el periodo favorable para el desarrollo de muchas especies vegetales (por ejemplo, para la floración). Sin embargo, el crecimiento activo de las plantas requiere temperaturas más altas y para la mayoría de los cultivos de clima templado que crecen en Europa se puede emplear una **temperatura umbral de 5 ºC** (EAA, 2012).

En Europa, el periodo vegetativo de una serie de cultivos agrícolas se ha ampliado un promedio de **11,4 días** entre 1992 y 2008. El retraso del fin del periodo vegetativo fue más pronunciado que el **adelanto de su comienzo**. La tendencia no está extendida por Europa de manera uniforme: las tasas de cambio más altas (superiores a 0,8 días por año) se registraron junto a las costas atlánticas, en las Islas Británicas, Dinamarca, regiones centrales de Europa, centro de Italia, centro y sur de España y Turquía. También hay zonas de Europa con una tendencia aparente a la reducción del periodo sin heladas; sin embargo, estas tenencias no son significativas (EAA, 2012).

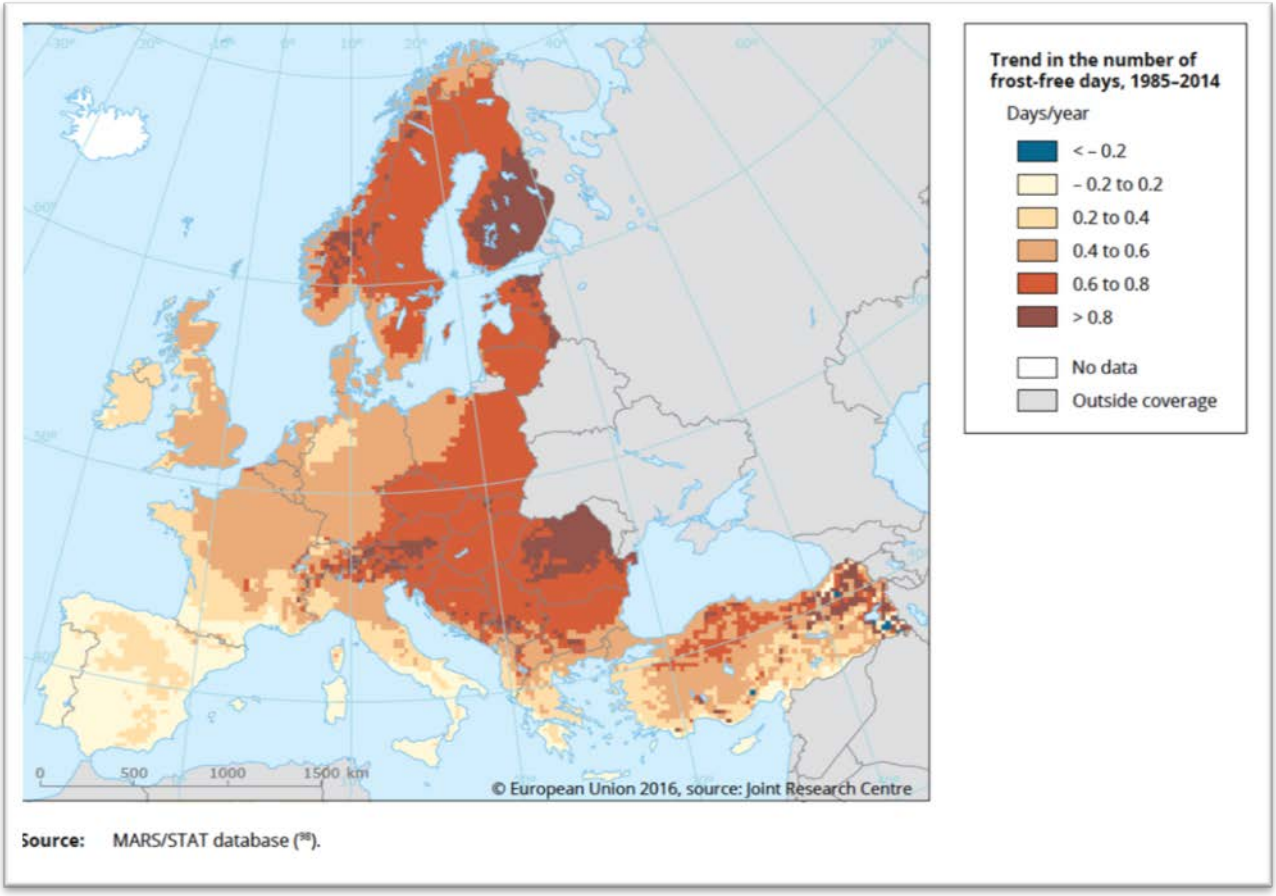


Figura 17: Tendencia en el número de días por año sin heladas, 1985-2014 (EEA, 2016)[8]

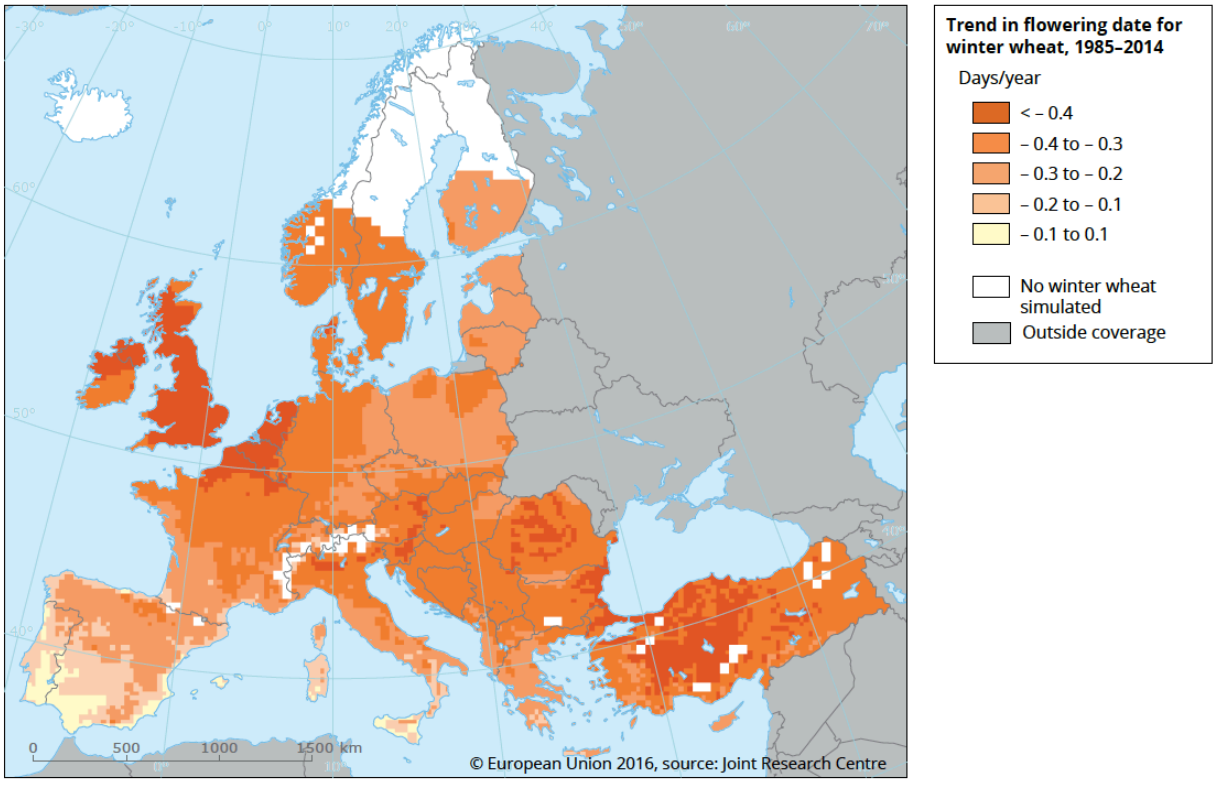
[8] Tendencia en el número de as sin heladas, 1985-2014
Fuente: Base de datos MARS/STAT (98)

AGROFENOLOGÍA REGISTRADA

Los cambios en la fenología de los cultivos ofrecen importantes **evidencias de las reacciones** ante el cambio climático regional reciente. Si bien los cambios fenológicos están influidos por las prácticas de gestión, concretamente la fecha de siembra y la elección de cultivo, **el calentamiento reciente** en Europa ha adelantado claramente una parte significativa del calendario agrícola. Las etapas concretas del crecimiento (por ejemplo, la floración o el llenado del grano) son particularmente sensibles a las condiciones climáticas y críticas para el rendimiento final. El calendario del ciclo de cultivo (la agrofenología) determina el éxito productivo de la cosecha. En general, un ciclo de cultivo más largo guarda una correlación elevada con un rendimiento más alto, puesto que un ciclo más largo favorece un mejor uso de la energía térmica, la radiación y los recursos hídricos disponibles.

Las **fechas de siembra** o plantado de varios cultivos agrícolas **se han adelantado**, por ejemplo, 5 días para las patatas en Finlandia (1965-1999), 10 días para el maíz y la remolacha azucarera en Alemania (1961-2000) y 20 días para el maíz en Francia (1974-2003) (EEA, 2012).

El análisis de las previsiones teóricas de la fecha de floración del **trigo de invierno** en Europa entre 1985 y 2014 muestra una clara y general **tendencia creciente**, que alcanza su grado máximo en Europa noroccidental, donde la fecha de floración teórica se ha adelantado entre **dos y cuatro días/década**. Este adelanto de la fecha de floración teórica excede seguramente lo que se observa en la realidad, pues la reacción de las plantas a la duración del día y la elección de las variedades con mayor tiempo de crecimiento por parte de los agricultores compensan la reacción.



Source: MARS/STAT database.

Figura 18: Tendencia de la fecha de floración para el trigo de invierno, 1985-2014 (EEA, 2016)

IMPACTOS REGISTRADOS

Un análisis global del **rendimiento de los cultivos de cereales** (trigo, maíz y cebada) ha mostrado **descensos en el rendimiento** debido al **incremento de las temperaturas medias**. En diversos países de Europa se han observado efectos similares. Al incremento de las temperaturas también se ha atribuido una de las causas principales de la **falta de incremento del rendimiento** del trigo de invierno en Francia, a pesar de las mejoras en las técnicas de cultivo. El rendimiento de los cereales de **maíz** ha venido **aumentando** de forma constante en **Europa septentrional**, mientras que el rendimiento en **Europa meridional** parece haberse **estancado**. También se aprecia una tendencia a la creciente variabilidad del rendimiento de los cereales en Francia e Italia, vinculados a la aparición de olas de calor y sequías. Estos fenómenos meteorológicos extremos afectaron a la producción de cultivos en grandes extensiones de Europa meridional y central en 2003 y 2007. En contraste con los cereales y las semillas oleaginosas, **la patata** y la **remolacha azucarera** parecen haber reaccionado **positivamente al incremento de las temperaturas** con un incremento de su rendimiento, debido muy probablemente a unas **estaciones de crecimiento más largas** (EEA, 2012).

Durante las olas de calor estival de los años 2003 y 2010, las pérdidas en las cosechas de cereales alcanzaron **el 20%** en las regiones afectadas de Europa. Durante la intensa sequía de los años 2004/2005, la producción de cereales en la Península Ibérica cayó en promedio **un 40%** (IPCC, 2014).

La ola de calor estival y las condiciones de sequía del año 2003, por ejemplo, causaron daños importantes en el sector agrícola de Europa central y meridional por la disminución de la producción y las pérdidas de capital financiero (véase Figura 10).

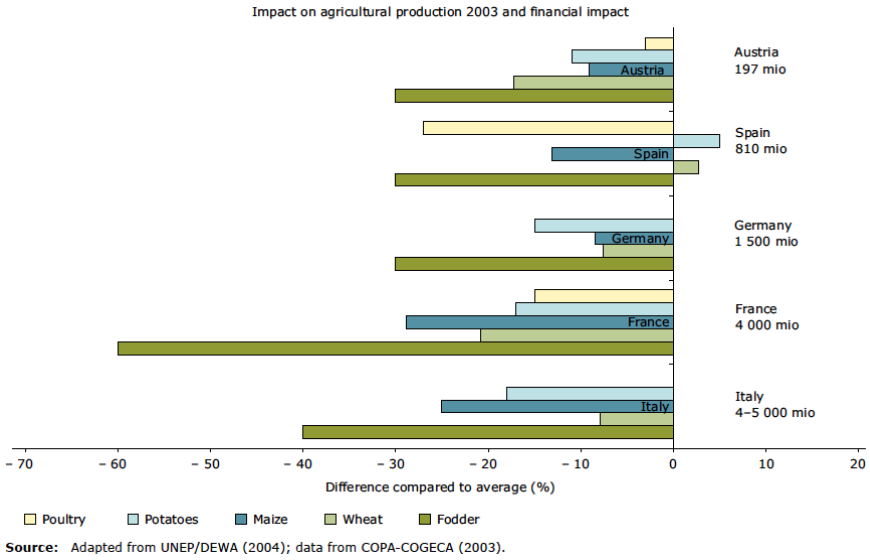


Figura 19: Impacto de la ola de calor estival y la sequía de 2003 sobre la agricultura de cinco países (EEA, 2005) [9]

[9] Impacto sobre la producción agrícola de 2003 e impacto financiero
Diferencia en relación al promedio (%)
Fuente: Adaptado de UNEP/DEWA (2004); datos procedentes de COPA-COGECA (2003).

PROYECCIONES PARA EL PERIODO VEGETATIVO

Como consecuencia de la proyección de mayores incrementos de temperaturas en toda Europa, se prevé un mayor alargamiento del periodo vegetativo, así como el desplazamiento de algunas especies hacia el norte. Las proyecciones indican que se espera que en la mayor parte de Europa la fecha de la **última helada** en primavera se adelante unos 5-10 días en el año 2030 y unos 10-15 días en el año 2050 (EEA, 2012).

Se espera que la extensión del periodo vegetativo resulte particularmente beneficiosa en **Europa septentrional**, donde **se podrían cosechar nuevos cultivos** y donde, en general, la disponibilidad de agua no limita el crecimiento. En algunos lugares de la región mediterránea el cultivo de algunas especies podría desplazarse desde la estación estival a la estación invernal, lo que podría compensar algunos de los impactos negativos de las olas de calor y las sequías durante el verano (Minguez y otros, 2007). Otras zonas de Europa, como el oeste de Francia y algunas regiones de Europa suroriental, experimentarán una disminución del rendimiento como consecuencia de los veranos calurosos y secos, sin que haya posibilidad de desplazar la producción de cultivos a las estaciones invernales (EEA, 2012).

PROYECCIONES PARA LA AGROFENOLOGÍA

Con las proyecciones de calentamiento climático en Europa, se puede esperar que en toda Europa siga disminuyendo **el número de días necesarios para la floración** de cereales y para la maduración. Los cambios teóricos en las fechas de floración incluyen los consiguiente efectos en la elección de las variedades de cultivo en función de las **fechas de floración y maduración**. Como en Europa hay muchas plantas (entre ellas, los cereales) que para florecer requieren que los días sean largos, el efecto del calentamiento sobre la fecha de floración es menor de lo que se esperaría. Las proyecciones indican que la fecha de floración **para el trigo de invierno** presentará el **mayor adelanto en regiones occidentales** de Europa, pero con gran incertidumbre debido a la imprecisión de las propias proyecciones de cambio climático subyacente. El adelanto de la **fecha de maduración** es mayor que el adelanto de la **fecha de floración**, lo que se traduce en el acortamiento del periodo de llenado del grano, lo que **afectará negativamente al rendimiento**. Un estudio independiente realizado con un modelo fenológico distinto y otras proyecciones sobre el cambio climático revelan adelantos similares en la fecha de floración del trigo de invierno en Inglaterra y Gales (14-16 días en el año 2050) (EEA, 2012).

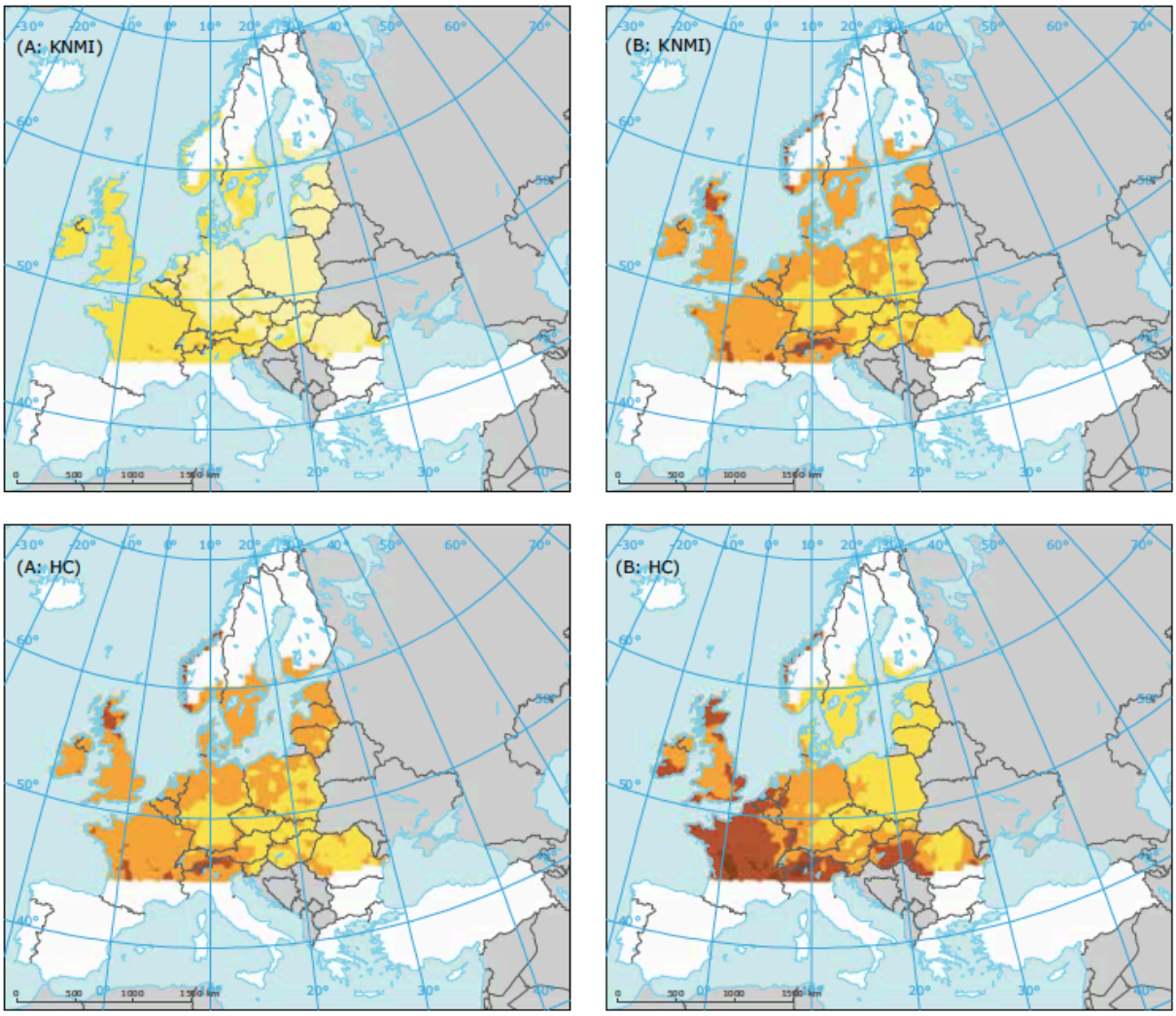
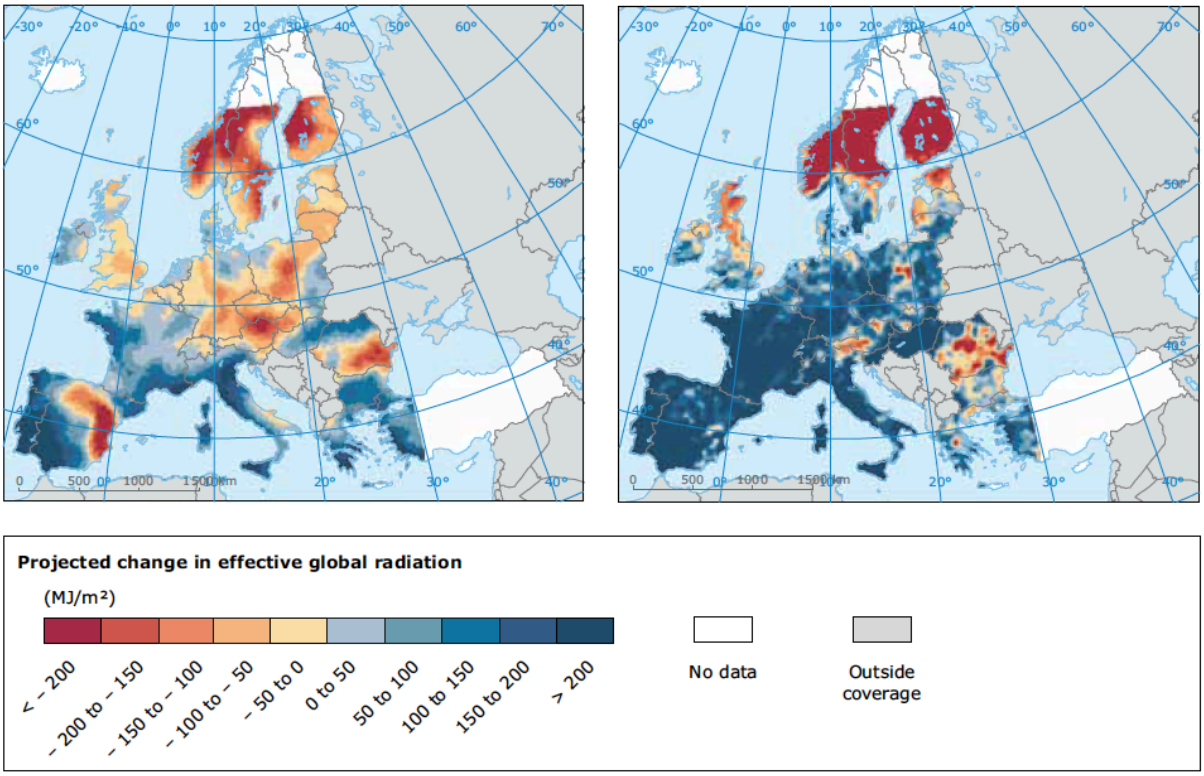


Figura 20: Cambios proyectados en la floración y maduración del trigo de invierno (EEA, 2012)

PROYECCIONES EN RENDIMIENTOS DE CULTIVOS POR ESCASEZ DE AGUA.

El impacto de los cambios futuros en el clima sobre el rendimiento de los cultivos depende de las características del cambio climático dentro de una región, así como de una combinación de otros factores ambientales, económicos, tecnológicos y de gestión. El índice de suma de radiación solar efectiva se ha desarrollado como un indicador de los efectos de los cambios ambientales en la productividad de los cultivos e integra la radiación solar diaria en aquellos días en los que ni la temperatura ni la humedad del suelo son limitantes para el crecimiento. Este índice estima el potencial de producción de cultivos de secano utilizando un suelo estándar en todo el continente, aunque esta condición es muy variable en función de las condiciones locales del suelo.

La Figura 21 muestra los cambios proyectados en la suma de radiación efectiva para la década de 2040 para las proyecciones climáticas de dos modelos climáticos diferentes (RACMO (KNMI) en el mapa de la izquierda y HadRCM3 (Hadley Centre.HC) en el mapa de la derecha). Ambas proyecciones muestran un potencial de producción reducido en grandes partes del **sur de Europa** y aumentos en el **extremo norte**, pero difieren sustancialmente en las zonas intermedias. Un análisis más amplio de los escenarios de cambio climático para la productividad agraria en Europa ha proporcionado un panorama claro del **deterioro de las condiciones agroclimáticas** debido al aumento del estrés por sequía y al acortamiento del periodo vegetativo en gran parte del sur y centro de Europa. Los resultados también sugieren un riesgo de un número cada vez mayor de años desfavorables para la producción agraria en muchas zonas climáticas europeas, lo que resulta en una mayor variabilidad de la producción de cosechas de sequías y olas de calor (EEA, 2012).

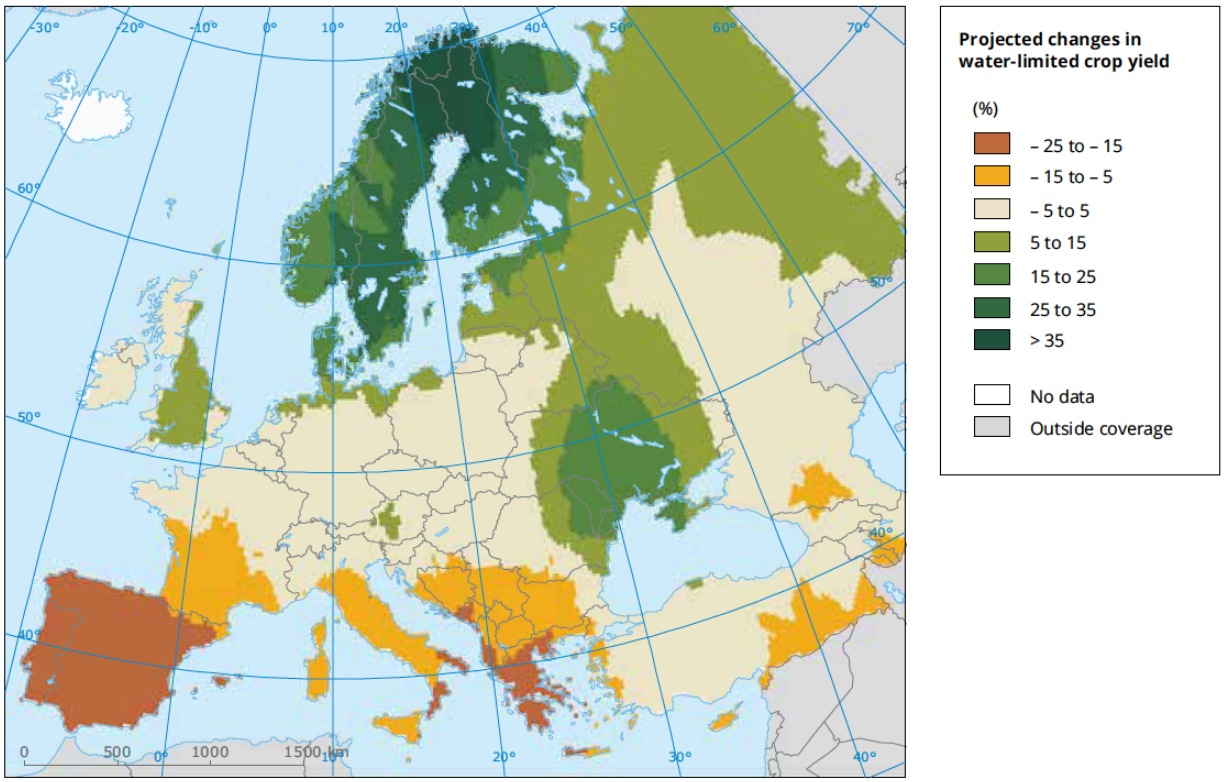


Note: Mean changes in effective solar radiation (MJ/m²), which is an indicator for water-limited crop productivity, for the period 2031–2050 compared with 1975–1994 for the RACMO (KNMI) and HadRCM3 (Hadley Centre.HC) projections under the A1B emission scenario.

Source: J.E. Olesen, 2012 (personal communication).

Figura 21: Cambios proyectados en la radiación solar efectiva de dos modelos climáticos (EEA, 2012)

Las estimaciones que se muestran en la Figura 21 no consideran los efectos del aumento de los niveles atmosféricos de CO_2 en la productividad de los cultivos. El modelo ClimateCrop se aplicó para explorar los efectos combinados de los cambios proyectados en temperatura, precipitación y concentración de CO_2 en toda Europa, considerando ciertos cambios en la gestión incorporando así los efectos de la adaptación. La media de los cambios proyectados en la Figura 22 muestran el mismo cuadro general que la Figura 21 de las **disminuciones en los rendimientos** a lo largo del **Mediterráneo** y **grandes aumentos en Escandinavia**. Sin embargo, en grandes partes de Europa occidental y central, es probable que los cambios en los rendimientos de los cultivos sean pequeños.



Note: The map shows the mean relative changes in water-limited crop yield simulated by the ClimateCrop model for the 2050s compared with the period 1961–1990 for 12 different climate model projections under the A1B emissions scenario. The simulation assumes that the irrigated area remains constant, and the results combine the response of the key crops wheat, maize and soybean, weighted by their current distribution.

Source: Adapted from Iglesias et al., 2012 and Ciscar et al., 2011.

Figura 22: Cambios proyectados en el rendimiento de los cultivos con escasez de agua (EAA, 2016)

IMPACTOS PROYECTADOS

En la UE-27, un aumento de temperatura regional de 2,5 ° C en la década de 2080 bajo el escenario B2 podría llevar a pequeños cambios (en promedio +3%) en los rendimientos de los cultivos, mientras que un calentamiento regional de 5.4 ° C en el escenario A2 podría reducir los rendimientos medios en un 10% según un estudio basado en modelos climáticos regionales. Un beneficio inicial de la creciente concentración de CO_2 para los rendimientos de los cultivos de secano contrastaría a finales del siglo con disminuciones en el rendimiento en la mayoría de las subregiones europeas, aunque el rendimiento del trigo podría aumentar en el escenario A2. Para un aumento global de la temperatura de 5° C, los índices agroclimáticos muestran una frecuencia creciente de años extremadamente desfavorables en las zonas de cultivo europeas. En los escenarios A2 y B2, los déficits de producción de cultivos (definidos como años con una producción por debajo del 50% de su producción normal en un clima normal) se duplicarían en 2020 y triplicarían en 2070, en comparación con una frecuencia actual de déficits de entre 1 a 3 años por década en las regiones actualmente más productivas de Europa meridional (IPCC, 2014).

Es probable que la distribución regional de los impactos del cambio climático sobre la producción agrícola varíe enormemente. **Europa meridional** experimentará las **mayores pérdidas de rendimiento** (-25% en 2080 con un calentamiento de 5,4ºC), con mayores riesgos de fracaso de cultivos de secano en verano. Unas condiciones más cálidas y más secas en el año 2050 causarán **descensos moderados** en el rendimiento de los cultivos de las regiones de **Europa central**. En **Europa occidental**, el aumento de la sobrecarga térmica en torno al momento de la floración causará considerables **pérdidas en el trigo**. Para **Europa septentrional** hay evidencias divergentes acerca de los impactos futuros. Los cambios positivos para el rendimiento unidos a la expansión de las zonas climáticamente adecuadas podrían conducir a un aumento de la producción de los cultivos (un calentamiento regional de entre 2,5ºC y 5,4ºC). Sin embargo, el aumento de la variabilidad climática **limitaría** la expansión de los **cultivos de invierno** y produciría un elevado riesgo de pérdidas acusadas del rendimiento de los cereales en latitudes altas. A finales de siglo, en Finlandia se podría llegar a cosechar cultivos de primavera de origen tropical como el maíz para forraje (IPCC, 2014).

Con los escenarios B1 y A2, en la Unión Europea, en el año 2030 **la reducción del rendimiento de los cereales a causa del ozono** podría **ascender al 6 y el 10%,** respectivamente. Debido a la limitación de disponibilidad de tierras y a la fertilidad del suelo fuera de las zonas de suelo chernozem (tierras negras), el desplazamiento de la agricultura hacia la zona de bosque boreal no compensaría las pérdidas de cultivo debidas al incremento de la aridez en las regiones sur europeas de Rusia, dotadas de los mejores suelos (IPCC, 2014).

Con condiciones generalmente más cálidas y más secas, **las malezas de raíces profundas** y las **malas hierbas** con fisiología contrastada, como las especies C4, podrían representar una amenaza más seria para los cultivos que las malas hierbas C3 arraigadas (IPCC, 2014).

Las enfermedades y plagas transmitidas por artrópodos (virus y fitoplasmas), las enfermedades de invierno de las raíces y del tallo (Mácula foliar, cancro y pie negro de la colza y cercosporelosis del trigo), y la fusariosis podrían crear **daños cada vez mayores en Europa** bajo el cambio climático. Sin embargo, otros patógenos tales como las pudriciones del tallo de cereal (por ejemplo, roya amarilla o *Puccinia striiformis*) podrían verse limitados por el aumento de las temperaturas (IPCC, 2014).

Las proyecciones para 2050 **estiman un aumento de los daños causados por los patógenos de las plantas y las plagas de insectos** en los países nórdicos, que hasta ahora estaban protegidos por los inviernos fríos y el aislamiento geográfico. Algunas plagas, como la barrenadora europea del maíz, también podrían ampliar su nicho climático en Europa Central (IPCC, 2014).

Tabla 2: Impacto regional proyectado sobre los cultivos herbáceos (IPCC, 2014)

Región	Sub-región	Impacto sobre Rendimientos (%)	Escenario	Referencia
Europa	Boreal	Trigo, maíz, soja:+34 a +54	A2, B2 2080 HadCM3/HIRHAM, ECHAM4/RCA3	Iglesias et al. (2012)
	Alpina	Trigo, maíz, soja: +20 a +23		
	Atlántico Norte	Trigo, maíz, soja:-5 a +22		
	Atlántico central	Trigo, maíz, soja:+5 a +19		
	Atlántico Sur	Trigo, maíz, soja: -26 a -7		
	Continental Norte	Trigo, maíz, soja: -8 a +4		
	Continental Sur	Trigo, maíz, soja: +11 a +33		
	Mediterráneo Norte	Trigo, maíz, soja: -22 a 0		
	Mediterráneo Sur	Trigo, maíz, soja: - 27 a + 5		

Proyceto AVEMAC[10]

En cuanto al proyecto AVEMAC (JRC, 2012), los impactos para los principales cultivos en Europa han sido simulados de dos modos (para el modelo más cálido y el modelo más frío del escenario A1B) para los horizontes temporales 2020 y 2030 (sin considerar las medidas de adaptación).

En el **caso del maíz**, las estimaciones del escenario cálido para el año 2030 indicaban en toda la UE una posible **disminución de aproximadamente el 9%** en la producción de maíz de grano en comparación con la línea de base de 2000. La disminución afectaría a 36 regiones NUTS2. Estas regiones se encuentran principalmente en países importantes para la producción de maíz en grano como Francia, Rumania, Italia, Hungría y España y se caracterizan principalmente por sistemas de cultivo de cereales en rotación. Una situación opuesta está prevista en el escenario frío con un posible aumento de la producción global de maíz de grano de la UE tanto en 2020 como en 2030 en comparación con la línea de base. Se espera que muchas regiones de Italia, España, Rumania y Grecia tengan un aumento de la producción, en algunos casos bastante importante (+ 15-20%). El escenario frío prevé una producción estable en Francia.

En cuanto al **girasol**, el análisis del escenario cálido para el año 2030 indica una posible **disminución** de la producción de girasol en torno **al 10%** para todas las **regiones de producción españolas** importantes. Para **Francia** se estiman también potenciales disminuciones en la producción de girasol, aunque de menor tamaño, de entre **un 4% y un 8%** dependiendo de la región. Se calcula que todas las regiones de **Hungría** y casi todas las regiones de **Bulgaria y Rumanía** podrían verse afectadas por una disminución significativa en 2030. A nivel de países, las cifras resultantes muestran una posible disminución del 14% para Rumania, 12% para Hungría y 13% para Bulgaria. El análisis para el escenario frío anticipa a 2020 las variaciones previstas en el escenario cálido de 2030 para todas las regiones españolas más importantes productoras de girasol. El escenario frío de 2030 refleja casi los mismos resultados obtenidos con el escenario cálido, al menos en lo que respecta a la identificación de las regiones NUTS2 donde se puede esperar una disminución potencial significativa de la producción en España, Hungría, Bulgaria y Rumanía. Se obtienen resultados diferentes para las regiones francesas, que no parecen verse afectadas por una potencial disminución de la producción en el escenario frío.

Para el **trigo**, según el escenario cálido para 2030, las regiones del norte **de Francia, Polonia, Lituania y Letonia** podrían verse afectadas por una posible disminución del orden de entre un 8% y un 18% que puede considerarse significativa. Las regiones potencialmente afectadas tienen un predominio de cereales y sistemas agrícolas mixtos. En Francia algunas regiones que también se verán potencialmente afectadas se caracterizan por un patrón diverso de sistemas agrícolas con una proporción relativamente alta de granjas lecheras. Por otro lado, los resultados de análisis para regiones de **Italia, Bulgaria** y **España** indican un **aumento potencial**

10 El proyecto AVEMAC es un estudio desarrollado en el año 2012 por el JRC (Joint Research Center) de la Comisión Europea su título completo en inglés es "Assessing Agriculture Vulnerabilities for the design of Effective Measures for Adaption to Climate Change (AVEMAC project)" Evaluación de vulnerabilidad de la agricultura para el diseño de medidas efectivas para la adaptación al cambio climático.

significativo en la producción de trigo. Estas regiones se caracterizan por un predominio de los sistemas de cereales en rotación con cultivos mixtos. Si bien el "escenario cálido" no prevé ninguna disminución significativa de la producción en 2020, el análisis para el "escenario frío" destaca varias regiones NUTS2 (principalmente en **España y Polonia**) que pueden verse afectadas potencialmente por una **disminución significativa de la producción de trigo**. Por el contrario, algunas regiones del norte y el oeste de Francia podrían registrar un incremento potencial estadísticamente significativo. El escenario frío para el año 2030 confirma una importante disminución potencial de la producción en numerosas regiones polacas. Las regiones rumanas, búlgaras y del norte y oeste de Hungría se verán potencialmente afectadas por una disminución significativa de la producción según el escenario de frío, disminución que no se espera bajo el escenario cálido.

Para la **colza**, según los resultados del análisis para el escenario cálido, sólo se estima que las regiones de **Francia** experimentarán una **disminución potencial significativa en 2030 de -11% a -18%,** dependiendo de la región. Las mismas regiones tendrían un aumento potencial ligeramente positivo, aunque no significativo, teniendo en cuenta el escenario de frío. Estas regiones se caracterizan por una prevalencia de cereales y sistemas agrícolas mixtos. El análisis para el escenario frío muestra un importante aumento potencial en 2020 sólo en algunas regiones NUTS2 situadas en el norte de Alemania, Dinamarca y Polonia; La mayoría de estas variaciones se hacen insignificantes en 2030.

Cultivos energéticos

El cambio climático **afectará los patrones de cultivos energéticos** en Europa al **desplazar hacia el norte** su potencial área de producción (con un nivel de confianza media). La elevada concentración de dióxido de carbono atmosférico (CO_2) puede mejorar la tolerancia a la sequía de las especies de cultivos energéticos debido al uso mejorado del agua de la planta, manteniendo altos rendimientos en futuros escenarios climáticos en regiones templadas (nivel de confianza baja) (IPCC, 2014).

Se prevé que la distribución potencial de semillas oleaginosas templadas (por ejemplo, colza oleaginosa, girasol), cultivos de almidón (por ejemplo, patatas), cereales (por ejemplo, cebada) y biocombustibles sólidos (por ejemplo, sorgo, *Miscanthus*) **aumentará en el norte de Europa** en la década de 2080, como resultado del aumento de las temperaturas, y **disminuirá en el sur de Europa** debido al aumento de la frecuencia de la sequía. El aceite del mediterráneo y los cultivos de biocombustibles, actualmente restringidos al sur de Europa, probablemente se extenderán hacia el norte. Las respuestas fisiológicas de los cultivos energéticos, en particular los C3 *Salicaceae*, al aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera pueden aumentar la tolerancia a la sequía debido al uso mejorado del agua de la planta; Por consiguiente, los rendimientos en ambientes templados pueden permanecer altos en futuros escenarios climáticos (IPCC, 2014).

Se prevé un aumento futuro de la extensión hacia el norte de la zona ocupada por **silvicultura de rotación corta** (SRC) que conduzca a la neutralidad de los GEI. Sin embargo, la expansión hacia el norte de SRC erosionaría el sumidero de carbono terrestre europeo debido a la gestión intensiva y la rotación elevada de SRC en comparación con los bosques convencionales donde normalmente la cosecha es menor que el crecimiento anual (IPCC, 2014).

1.3.5.2 CULTIVOS PERMANENTES

IMPACTOS REGISTRADOS

En todo el mundo (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto) se ha observado un **adelanto en la floración y maduración** de **uvas y manzanas** (IPCC, 2014).
En sintonía con los incrementos de hasta 1,4ºC de la temperatura media anual del aire, durante el periodo 1961-2000 se han observado en Alemania cambios en los estados fenológicos de varios cultivos perennes de Europa, como el **adelanto del comienzo del periodo vegetativo de**

los frutales (2,3 días/10 años) o del florecimiento de los cerezos (2,0 días/10 años) y los manzanos (2,2 días/10 años) (EAA, 2012).
La producción de vino en Europa representa más del 60% del total mundial y supone una contribución importante a su identidad cultural. En el noreste de España, desde la década de 1960, el **rendimiento de las uvas** se ha visto reducido por el mayor déficit de agua en las fases reproductivas (IPCC, 2014).

IMPACTOS PROYECTADOS

Para los cultivos perennes, las proyecciones indican que continuará el **descenso** de la **acumulación de frío durante el invierno**, que es importante para muchos nogales y frutales. En la mayor parte de las regiones productoras de vino se espera una disminución de la idoneidad para la vid. La **producción y la calidad de la uva de vino** se verá afectada en Europa, EE UU y Australia (IPCC, 2014).
El cambio climático alterará la **distribución geográfica** de las variedades de **uva de vino** (nivel de confianza alto), lo que reducirá el valor de los productos vinícolas y los medios de vida de las comunidades vinícolas locales de **Europa meridional y continental** (nivel de confianza medio) e **incrementará la producción** en Europa septentrional (nivel de confianza bajo) (IPCC, 2014).
Aparte de los **impactos sobre el rendimiento de la vid**, también se espera que el aumento de las temperaturas **afecte a la calidad del vino** en algunas regiones y variedades de uva al alterar la proporción de azúcares y ácidos. En **Europa occidental y central**, los cambios proyectados para el futuro podrían beneficiar a la calidad del vino, pero también delimitarían nuevas zonas potenciales para la viticultura (IPCC, 2014).
Con el cambio climático, las enfermedades transmitidas por artrópodos (virus y fitoplasmas), la polilla de la vid (*Phalaenoides glycinae*) y la podredumbre negra de los frutales (*Guignardia bidwellii)* podrían producir **cada vez más daños en Europa**. Sin embargo, otros patógenos como el oídio de la vid podrían **verse limitados** por el aumento de las temperaturas (IPCC, 2014).

FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE LA VID EN 2020 Y 2050

Considerando el Proyecto AVEMAC (JRC, 2012), el crecimiento y desarrollo de la vid se debe en gran parte a la temperatura. Se observan cambios en la fecha de maduración y en la fecha de floración comparando las proyecciones en 2020 y 2050 con respecto a 2000. Tres variedades con diferentes ciclos de madurez han sido analizadas: Syrah, Chardonnay (madurez temprana) y Cabernet Sauvignon (madurez tardía). Se proyecta **una anticipación generalizada de las fechas de maduración** para la **mayoría de las áreas de Europa**. Sin embargo, en algunas zonas del sur de Europa, donde las temperaturas proyectadas por encima de un óptimo se hacen más frecuentes en 2050, la tasa media de crecimiento disminuye y la madurez se retrasa.
La denominación de origen protegida de los vinos está relacionada con la combinación peculiar de distintos factores en zonas geográficas específicas (terroir): medio ambiente (suelo y clima), variedades y conocimientos sobre prácticas agrícolas y enológicas. Estas proyecciones indican varios cambios en la situación actual. De hecho, los productores y los consumidores ya han experimentado cambios en algunos vinos, por ejemplo en relación con el contenido de alcohol. Los aspectos cualitativos de las vides están estrechamente relacionados con el concepto de terroir, por lo tanto relacionados con la adecuación de las uvas a un conjunto articulado de condiciones. En consecuencia, el análisis proyecta **una gran vulnerabilidad potencial de la producción y calidad de la vid.**

1.3.5.3 GANADERÍA

Los efectos sobre el ganado son en su mayoría **indirectos**, a través de la producción de su alimentación (los cambios de la productividad de los pastos y forrajes); hay **pocas evidencias directas** de los efectos del cambio climático sobre el ganado, exceptuando los cambios en las enfermedades del ganado relacionadas con el cambio climático (EEA, 2012).

IMPACTOS DIRECTOS REGISTRADOS

En Europa, el cambio climático también puede traducirse en desplazamientos significativos de los rangos de distribución estacional de las enfermedades transmitidas por vectores. Por ejemplo, el clima puede afectar a las enfermedades transmitidas por vectores acortando los ciclos vitales de éstos y los periodos de incubación de los patógenos transmitidos por vectores, lo que conducirá a un potencial aumento de las poblaciones de vectores y a un mayor riesgo de transmisión. A más largo plazo, los cambios estacionales podrían afectar tanto a los vectores como a los huéspedes, así como a los comportamientos y las pautas humanas de uso de la tierra, con lo que influirá más en la distribución geográfica, la actividad estacional y la prevalencia general de las enfermedades transmitidas por vectores en Europa (EEA, 2012).

El cambio climático ha contribuido a las **enfermedades transmitidas por vectores en los rumiantes** en Europa (alto grado de confianza) y a la **expansión hacia el norte de los vectores de la enfermedad de la garrapata** (confianza media). La propagación del **virus de la lengua azul en las ovejas** en toda Europa se ha atribuido en parte al cambio climático debido al aumento de la actividad estacional del vector *Culicoides*. Es improbable que la distribución de este vector se expanda, pero su abundancia podría aumentar en el **sur de Europa**.
Las **garrapatas**, los principales vectores artrópodos de las enfermedades zoonóticas en Europa (por ejemplo, la enfermedad de Lyme y la encefalitis transmitida por garrapatas), han cambiado su distribución hacia **altitudes y latitudes más altas** con el cambio climático. La exposición a ataque de moscas podría aumentar en un clima más cálido, pero la adaptación en las prácticas de cría limitaría los impactos en el ganado. El riesgo general de incursión del virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo en el ganado a través de garrapatas infectadas introducidas por las especies de aves migratorias no se incrementaría con el cambio climático. La probabilidad de introducción y propagación a gran escala de la fiebre del Valle del Rift en Europa es también muy baja (IPCC, 2014).

Cuadro 3: Impacto regional proyectado sobre la ganadería

Región	Sub-región	Impactos Cambio Climático	Escenarios	Referencia
Europa	Holanda	La producción de leche se verá afectada por temperaturas medias superiores a los 18ºC		Sección 23.4.2
	Italia	El riesgo de mortalidad del vacuno lechero se incrementará en un 60% debido a exposición a altas temperaturas y humedad alta del aire durante la época de cría		
	Francia, tierras altas	El sistema de producción de pastos se verá reducido significativamente por exposición a 4 años de condiciones climáticas	A2 2070	Cantarel et al. (2013)
	Francia	No habrá impactos en la producción y rendimientos del vacuno lechero	A2 1970-1999, 2020-2049, 2070-2099 ARPEGE	Graux et al-(2011)
	Irlanda, Francia	El sistema de producción de pastos para vacuno lechero aumenta potencialmente la producción de leche, con mayores riesgos de falta de forraje de verano-otoño en Francia	A1B a final del siglo	
	Europa en su conjunto	Expansión del virus de la lengua azul en ganado ovino y de garrapatas en el	2080	Graux et. al (2011)

		ganado debido al calentamiento del clima		
		No hay incrementos en el riesgo de incursión de las fiebres hemorrágicas de Crimea-Congo en el ganado		Sección 23.4.2

La producción de ganado se ve negativamente afectada **por el calor**. En los sistemas de producción intensiva, la sobrecarga térmica redujo la **producción láctea** y la tasa de crecimiento de los **cerdos de engorde** a temperaturas medias diarias del aire superiores a 18ºC y 21ºC respectivamente. Las altas temperaturas y la elevada humedad del aire durante la cría aumentaron el riesgo de mortalidad del ganado en un 60% en Italia. El cambio climático puede afectar negativamente a **la producción de leche en Europa meridional** debido a la sobrecarga térmica sufrida por las vacas lecheras (nivel de confianza medio) (IPCC, 2014).
La exposición a un índice elevado de humedad-temperatura puede afectar a la producción de leche y la calidad, mortalidad y salud reproductiva y susceptibilidad a las enfermedades, sobre todo en el ganado vacuno lechal intensivo (EEA, 2016).

IMPACTOS INDIRECTOS PROYECTADOS

Como dependen del rendimiento y la calidad de los cultivos y las hierbas, los sistemas de producción de ganado están muy expuestos a los impactos del cambio climático en los planos local (pastos silvestres y domésticos) y mundial (importación de piensos concentrados). El cambio climático plantea muy diversos retos y estrategias de adaptación en función de si atendemos a los sistemas de ganado intensivo o extensivo (alimentado de pastos) (EEA, 2016).

Con los sistemas de ganado alimentados por pastos, las simulaciones de los modelos (escenario A1B, conjunto de simulaciones de modelos sobre el clima mundial [GCM] a escala reducida) muestran que a finales del siglo XXI habrá un incremento potencial de la producción de leche en Irlanda y Francia, pese a que en Europa central y en algunos lugares de Francia habrá **mayor riesgo** de fracaso en la producción de **verano-otoño**. Las condiciones climáticas proyectadas para la década de 2070 en el centro de Francia (escenario A2) reducían significativamente la producción de pastos en un experimento de 4 años en condiciones de aumento del CO_2. En el mismo lugar, una única sequía estival experimental alteró la producción durante los dos años posteriores (IPCC, 2014).

Se ha observado una resiliencia de la estructura de la vegetación de pastos frente a un calentamiento experimental prolongado y a la manipulación del agua. Sin embargo, la presión de las malas hierbas enraizadas aumentó después de severas sequías de verano. EN el área mediterránea se podrían producir forraje más resistente y mejor adaptado para la producción ganadera (IPCC, 2014).

La Tabla 4 demuestra que el cambio climático presenta desafíos muy diferentes dependiendo de si los sistemas son de ganadería intensiva o ganadería extensivo (basados en pastos) (EEA, 2016).

Tabla 4: Ilustración de desafíos y soluciones de adaptación a los impactos del cambio climático en los sistemas ganaderos europeos (EEA, 2016)

Efecto climático	**Sistemas de ganadería intensivos (Altos inputs y outputs. Pastoreo reducido o inexistente)**		**Sistemas de ganadería extensivos (pastoreo, bajos inputs, diversidad sistémica)**	
	Características y retos	**Adaptaciones**	**Características y retos**	**Adaptaciones**
Temperaturas elevadas y temperaturas extremas (Especialmente en el sur de Europa)	Los animales estabulados están protegidos de temperaturas extremas, pero el ganado más productivo es más susceptibles al estrés térmico; el elevado calor también se produce entre ganado que está en estrecha proximidad	Mejorar la ventilación y las condiciones de las infraestructuras; mejoras genéticas para las razas que tienen mayor resiliencia contra el estrés térmico	El ganado extensivo está expuestos a temperaturas extremas, pero el ganado de menor productividad son más resistentes al estrés térmico; Las sequías tendrán efectos sobre la productividad de los pastos	Provisión de zonas sombreadas en los pastos; Los árboles para la sombra también pueden mejorar la resiliencia del pasto a calores extremos; mejoras genéticas para las razas que tienen mayor resiliencia contra el estrés térmico.
Propagación y aumento de la incidencia de patógenos y vectores patógenos	Los animales estabulados evitan muchos patógenos, pero un gran número de animales mantenidos en estrecha proximidad entre sí aumenta los peligros potenciales	Uso de antibióticos (pero limitado por el aumento de la resistencia); Nuevas intervenciones médicas, incluido el uso de alimentos y suplementos; Seguimiento del estado de salud; mejoras genéticas para razas más resilientes	El ganado extensivo se espera que sea más susceptible a enfermedades hepáticas y a otros patógenos bajo cambio climático (mayor riesgo), pero tamaños de rebaño más pequeños y más diversidad reducen los riesgos	Uso de antibióticos (limitado por resistencia); Nuevas intervenciones médicas; Seguimiento del estado de salud; mejoras genéticas para razas más resilientes; Gestión del suelo para reducir el impacto de patógenos
Aumento de la productividad de cultivos y pastos; Cambios en la calidad nutricional	Es posible identificar e importar piensos para una dieta más eficiente y dietas de control sobre una base individual, pero los cambios en la calidad nutricional deben ser analizados	Mejorar la eficiencia de la absorción de nutrientes de los piensos y hacer predicciones de los impactos de los cambios en la calidad nutricional; Identificación de los mejores cultivos y enfoques de manejo en diferentes condiciones	El aumento de la productividad de los pastos y praderas puede mejorar la productividad ganadera y mejorar la productividad de cultivos de forraje realizados en la propia finca, pero la calidad puede variar	Mejorar la eficiencia de la absorción de nutrientes de los piensos y hacer predicciones de los impactos del cambio climático en la calidad nutricional; Identificación de nuevos enfoques de manejo de pastoreo y alimentos complementarios
Aumento de la presión sobre los suministros de agua	Los sistemas intensivos utilizan grandes cantidades de agua, el uso creciente de alimentos concentrados aumenta la demanda de agua	Recolección, almacenamiento y transporte de agua más eficientes; Regulación para minimizar la demanda de agua; Mejorar la gobernanza del agua	La provisión de agua en el campo puede ser difícil e ineficiente; La sequía puede reducir la productividad de los pastizales	La provisión de sombra puede reducir la demanda de agua; Almacenamiento y transporte de agua más eficientes; Mejorar la gobernanza del agua
Aumento de la variabilidad en los rendimientos de cultivos y pastos	La dependencia de los piensos importados conlleva mayor vulnerabilidad al aumento de precios; El desacoplamiento de la producción local de piensos reduce los impactos del clima local; El aumento de las precipitaciones aumenta la compactación del suelo de pastos recolectados	Utilización de cultivos proteínicos de cosecha propia; Aumentar la diversidad en cultivos forrajeros; Controlar las operaciones de tráfico para restringir la compactación del suelo	La variabilidad en las condiciones locales puede afectar negativamente el crecimiento del pasto y los cultivos forrajeros para piensos cultivados en la propia finca, pero los sistemas son robustos a los cambios en los precios globales de los piensos; el aumento de las precipitaciones puede reducir la disponibilidad de tierras para el pastoreo	Mejorar los sistemas (uso de leguminosas en cultivos mixtos, agro-silvo-pastorales) y manejo para aumentar la resiliencia del pasto a condiciones extremas; Restringir el pastoreo durante períodos muy húmedos

1.3.6 Recursos hídricos y agricultura

SITUACIÓN REGISTRADA

El agua es esencial para el crecimiento de las plantas y hay una relación directa entre la producción de biomasa vegetal y la transpiración, pues la eficiencia en el uso del agua (la producción de biomasa por unidad de agua transpirada) se ve afectada tanto según las especies de cultivo como por la gestión. El aumento de la concentración de CO_2 atmosférico supondrá una mayor eficiencia en el uso del agua mediante la reducción de la transpiración de la planta y el aumento de la fotosíntesis. En zonas propensas a la sequía, la demanda creciente de agua por parte de los usuarios urbanos y las industrias **intensifica la competencia por el agua de regadío** en la agricultura (EEA, 2012). En el periodo examinado (1975-2010), la Península Ibérica e Italia experimentaron un incremento en el volumen de los requerimientos de agua para riego con el fin de mantener el rendimiento de los cultivos de regadío, mientras que algunas zonas de Europa suroriental han experimentado un descenso (EEA, 2012).

La Figura 23 estima el cambio en el balance hídrico, la diferencia entre una evapotranspiración de referencia y la precipitación. Este indicador sólo proporciona una aproximación a los cambios en la demanda de riego, porque la demanda real de riego está determinada por los cultivos, el tipo de riego aplicado y las condiciones locales del suelo. En el período considerado (1975-2010), la Península Ibérica e Italia experimentaron un aumento en el volumen de agua necesaria para el riego, manteniendo los rendimientos de los cultivos de regadío, mientras que otras zonas de Europa sudoriental han experimentado una disminución (EEA, 2012).

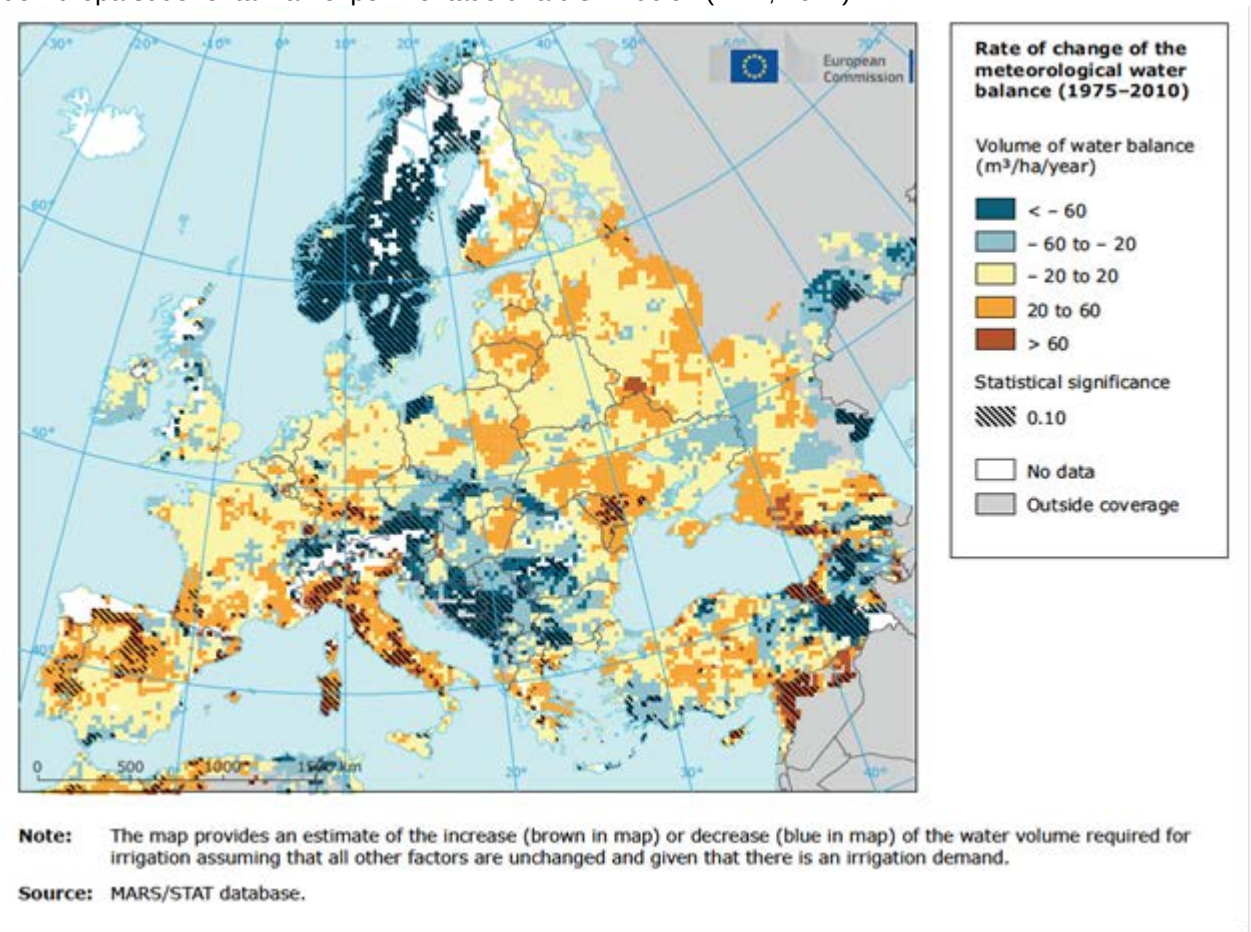


Figura 23: Tasa del saldo hídrico meteorológico para el período 1975-2000 (EEA, 2012)

SITUACIÓN PROYECTADA

El incremento esperado de la **evapotranspiración** ejercerá presión sobre el uso del riego en zonas propensas a la sequía. El riego en Europa se concentra en la actualidad a lo largo del **Mediterráneo**, donde algunos países emplean más del 80% de la captación total de agua dulce para fines agrícolas. Por consiguiente, el aumento de la demanda de riego incrementará la competencia por el agua, concretamente allá donde la disponibilidad total de agua descienda debido a la disminución de las precipitaciones. Suponiendo que las **demandas urbanas de agua** tendrán preferencia sobre los fines agrícolas, la reducción proporcional de la **disponibilidad de agua para riego** en muchas cuencas fluviales europeas es mayor que la reducción de la escorrentía anual (Figura 17). Las proyecciones para la **región mediterránea** muestran un considerable **descenso** en la disponibilidad de agua, que en algunas zonas vuelve imposible en el futuro las prácticas de riego actuales (EEA, 2012).

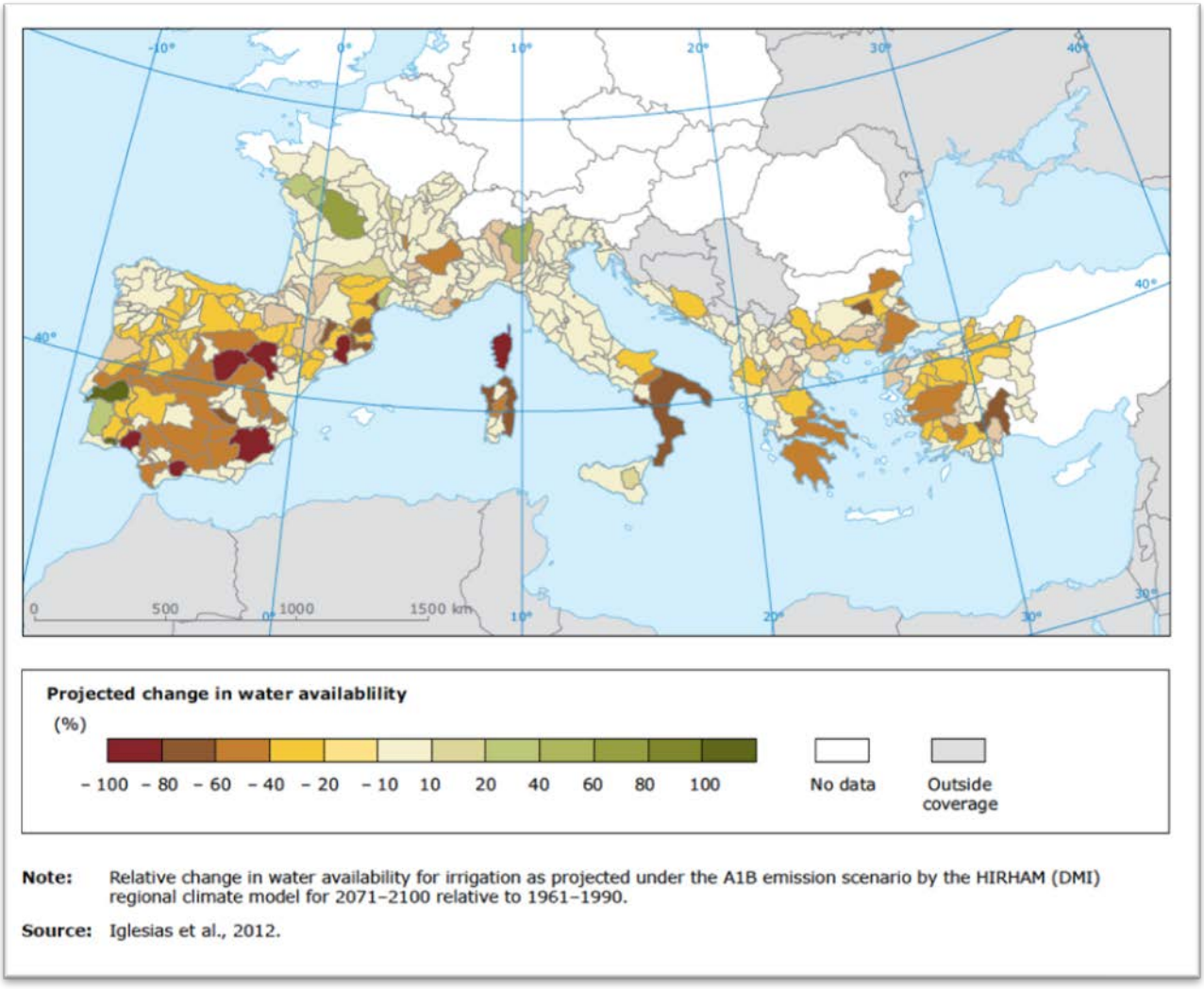


Figura 24: Proyección de la variación de disponibilidad de agua para riego en la región mediterránea para el periodo 2071-2100 (EEA, 2012)[11]

[11] **Proyección de la variación de disponibilidad de agua**
Nota: Variación relativa de la disponibilidad de agua para riego según la proyección del escenario de emisiones A1B del modelo climático regional HIRHAM (DMI) para el periodo 2071-2100 en relación con 1961-1990.
Fuente: Iglesias y otros, 2012.

Las tendencias futuras proyectadas confirman la **ampliación de las diferencias de los recursos hídricos entre el norte y el sur** de Europa, según se informa en AR4. En el sur de Europa, el contenido de agua en el suelo disminuirá, las condiciones de saturación y drenaje serán cada vez más raras y se limitarán a los períodos de invierno y primavera, y la acumulación de nieve y derretimiento cambiará, especialmente en las zonas de media montaña (IPCC, 2014).

En la mayor parte de Europa septentrional y continental, un aumento de los **riesgos de inundación** podría aumentar los daños a los cultivos y el crecimiento de las plantas, complicar la viabilidad del suelo y aumentar la variabilidad de los rendimientos (IPCC, 2014).

La **recarga de las aguas subterráneas** y/o el nivel del nivel freático se reduciría significativamente a finales del siglo XXI en el escenario A2 para las cuencas hidrográficas situadas en el sur de Italia, España, el norte de Francia y Bélgica. Sin embargo, se encontraron impactos no significativos para los acuíferos en Suiza y en Inglaterra. Menos precipitación en verano y mayor precipitación durante el invierno podría aumentar la lixiviación de nitratos con impactos negativos sobre la calidad del agua. Incluso con una aplicación reducida de fertilizantes nitrogenados, las concentraciones de nitratos subterráneos aumentarían a finales del siglo en la cuenca del río Sena. En el sur de Europa podrían requerirse políticas más sólidas de gestión del agua, fijación de precios y reciclado para asegurar un abastecimiento de agua adecuado y evitar tensiones entre los usuarios. (IPCC, 2014)

La disminución de la disponibilidad de agua para la producción agrícola de secano incrementará la demanda de agua para el riego de cultivos. Sin embargo, el aumento del regadío puede **no ser una opción viable**, sobre todo en la **zona mediterránea**, debido a las proyecciones de disminución del total de recursos de escorrentías y aguas subterráneas. En diversos lugares de captación de aguas ya se ha autorizado una extracción de recursos excesiva y/o se extraen de hecho de forma excesiva y su fiabilidad se ve amenazada por el descenso inducido por el cambio climático en la recarga de aguas subterráneas y, en menor medida, por el incremento de la demanda potencial de riego. Para hacer frente a esta demanda, los **costes de los sistemas de riego** podrían **incrementarse entre un 20 y un 27%** en el sur de Italia y en algunas regiones sería necesario construir nuevas infraestructuras de riego. Sin embargo, como se espera que los **beneficios económicos sean reducidos**, la adopción del regadío exigiría cambios en las condiciones institucionales y de mercado (IPCC, 2014).

1.4 SÍNTESIS PARA EUROPA

1.4.1 Principales impactos registrados y proyectados para la agricultura

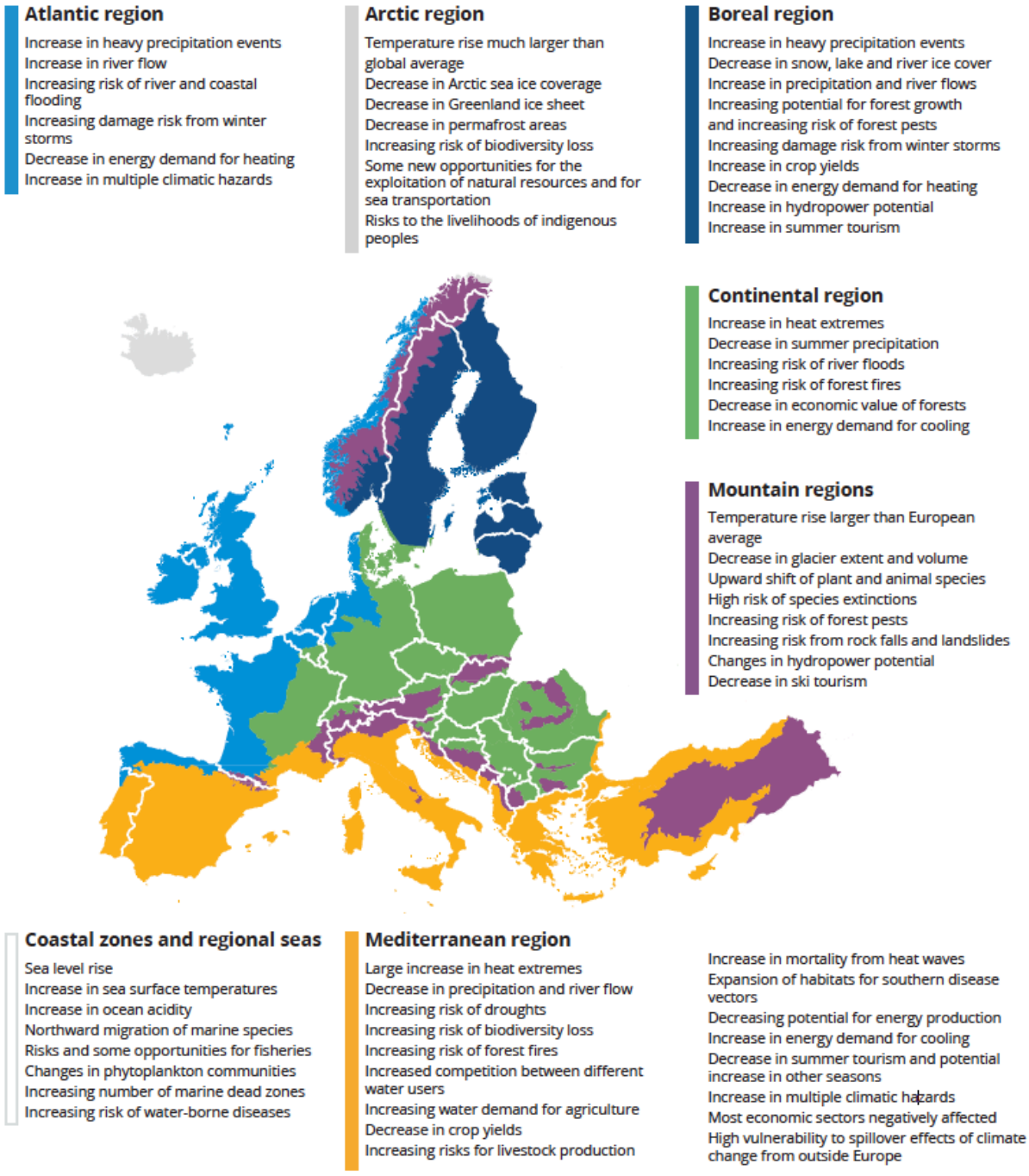


Figura 25: Clima e impactos clave observados y proyectados para las principales regiones de Europa (EAA, 2016)

Tabla 2: El cambio climático observado y proyectado y los impactos para el sector agrario (EEA, 2012)

	Qué está sucediendo actualmente	Qué podría Suceder
Impactos del cambio climático sobre sistemas socio-económicos y salud humana		
Agricultura		
Periodo vegetativo para cultivos agrícolas (C)	El periodo vegetativo de gran número de cultivos agrarios en Europa se ha alargado en una media de 11,4 días desde 1992 a 2008. El retraso al final del periodo vegetativo fue más pronunciado que el adelanto de su comienzo.	La proyección es que el periodo vegetativo aumente en la mayor parte de Europa, lo que permitiría una expansión hacia latitudes del norte de Europa de cultivos de estaciones cálidas, a áreas en las que actualmente no son viables.
Agrofenología (C)	La floración de varios cultivos perennes ha avanzado en torno a dos días por década en las décadas recientes. Estos cambios afectan la productividad de los cultivos y al rendimiento relativo de las diferentes variedades de cultivos.	Se espera que en muchos cultivos continúe el acortamiento de las diferentes fases de crecimiento de los mismos. El acortamiento de la fase de llenado de grano de los cereales y cultivos oleaginosos puede conllevar un detrimento particular de los rendimientos.
Productividad de los cultivos con escasez de agua (N)	Los rendimientos de algunos cultivos (por ejemplo el trigo) se están estancando y para otros cultivos (como el maíz en el norte de Europa) están viendo incrementarse sus rendimientos, debido particularmente al cambio climático. Eventos climáticos extremos, incluidas las sequías y las olas de calor, han afectado negativamente a la productividad de los cultivos durante la primera década del siglo XXI.	El cambio climático futuro puede conllevar aumentos y disminuciones de rendimientos, dependiendo del tipo de cultivo y de las diferencias regionales a lo largo de Europa. Se espera que la variabilidad de los rendimientos se incremente bajo condiciones futuras de cambio climático (incluyendo una mayor intensidad de eventos climáticos extremos.
Requerimiento de agua de riego	En Italia y en la Península Ibérica, se ha estimado un aumento en los requerimientos del volumen de agua para regadíos de 1975 a 2010, mientras que otras zonas del sudeste de Europa han registrado una reducción.	La disponibilidad de agua para regadío en el Sur de Europa se reducirá y se espera que aumenten los requerimientos de agua para regadío bajo las condiciones futuras de cambio climático.

El aumento de la temperatura del aire ya ha afectado a la duración del periodo vegetativo en grandes extensiones de Europa. Las fechas de floración y cosecha para los cultivos de cereales se producen ahora varios días antes en la temporada. Se espera que estos cambios sigan produciéndose en muchas regiones (EEA, 2015).

En general, en Europa septentrional la productividad agrícola podría incrementarse debido a la mayor duración del periodo vegetativo y a la extensión del periodo sin heladas. Unas temperaturas más altas y un periodo vegetativo más prolongado también podrían permitir que se sembraran nuevos cultivos. Sin embargo, en Europa meridional se espera que los episodios de calor extremo y la reducción de las precipitaciones y la disponibilidad de agua lastren la

productividad de los cultivos. También se espera que el rendimiento de los cultivos varíe cada vez más de un año a otro debido a los fenómenos meteorológicos extremos y otros factores, como las plagas y las enfermedades (EEA, 2015).

Debido al calor extremo y al estrés hídrico de los meses estivales, en algunas regiones del área mediterránea o meridional algunos cultivos estivales podrían desarrollarse mejor en invierno. Se espera que otras regiones, como el oeste de Francia y Europa suroriental, tengan que hacer frente a la reducción de los rendimientos debido a los veranos calurosos y secos sin que tengan posibilidad de desplazar la producción del cultivo al invierno (EEA, 2015).

Los cambios en las temperaturas y en los periodos vegetativos también podrían afectar a la proliferación y propagación de algunas especies, como insectos, malas hierbas invasoras o enfermedades, todo lo cual a su vez podría afectar a los rendimientos de los cultivos (EEA, 2015). En cuanto al informe AEA (AEA, 2007), cuyo análisis se refiere a un marco temporal de 2050 a 2080 (futuro lejano), los riesgos y oportunidades por zonas agroclimáticas han sido priorizados (ver Tabla 6).

Tabla 6: Resumen de la priorización de riesgos y oportunidades por zona agroclimática (AEA, 2007)

Descripción	Bor	Atl N	Atl C	Atl S	Cnt N	Cnt S	Alp	Md N	Md S
Riesgos									
Cambios en el área de cultivo debido a un descenso de las condiciones agrarias óptimas		M	M	M	M	M	M	M	H
Descenso de productividad de los cultivos		M	M	M	M	M	M	M	M
Aumento del riesgo de enfermedades agrarias, pestes o proliferación de malas hierbas	H	M	H	H	H	H	M	H	H
Descenso de la calidad de los cultivos			M	M	M	M		M	H
Aumento del riesgo de inundaciones	H		H		H		H		
Aumento del riesgo de sequía y escasez de agua		H	H	H	H	H	H	H	H
Aumento de requerimientos de riego				M		H		H	H
Deterioro de la calidad del agua	H	H	H				H		
Erosión del suelo, salinización, desertificación	H			M		H	H	H	H
Pérdida de glaciares y alteración del permafrost	M						H		
Deterioro de las condiciones de la producción ganadera	H	H	H	L	H	L	H	L	M
Aumento del nivel del mar	H	H	H	H	H			H	H
Oportunidades									
Cambios en la distribución de cultivos debido a un aumento de las condiciones agrarias óptimas	H	H	H	M	H	H	H	M	
Aumento de la productividad de los cultivos	M	H	M	M	M		H		
Disponibilidad de agua	H	M	H	H	H		M		
Menores costes energéticos en invernaderos	M			M	M	M		M	
Mejora de la productividad ganadera	H	H	H		H		H		

H: Alto. M: Medio. L: Bajo

Si bien la afluencia de nuevas plagas y enfermedades presenta un alto riesgo en las zonas septentrional boreal, atlántica y continental, es probable que en estas zonas haya considerables oportunidades para aumentar la producción agraria. Los rendimientos de los cultivos actuales aumentarán, junto con el área de tierra sobre la cual se pueden cultivar. También existe la posibilidad de introducir nuevos tipos de cultivos y puede ser una oportunidad para aumentar la

producción ganadera en algunas zonas. Sin embargo, también existe la posibilidad de que las condiciones óptimas de crecimiento puedan cambiar de áreas que tienen una gran proporción de suelos fértiles hacia aquellas donde los suelos son menos fértiles y, por lo tanto, menos capaces de soportar mayores rendimientos (AEA, 2007).

En el Atlántico sur, en el Sur Continental y en las zonas Mediterráneas, los mayores riesgos son la reducción de los rendimientos de los cultivos y los conflictos por la reducción del suministro de agua. Es necesario desarrollar estrategias para adoptar variedades o cultivos mejor adaptados al estrés por agua y calor. Los problemas de nuevas plagas y enfermedades también se consideran de alto riesgo en estas zonas. Hay pocas oportunidades, aunque en partes de la zona sur continental (Hungría, Rumania), puede haber algún margen para la introducción de nuevos cultivos (AEA, 2007).

1.4.2 Sistemas agrarios de Europa según región climática

Para simplificar una visión de conjunto de las principales cuestiones agrícolas de la Unión Europea de los 28, cada Estado miembro ha sido asignado en su totalidad a una única región climática. La lista detallada de países por región climática aparece al pie de la Tabla 1.

	Total UE (28)	**Atlántico**	**Continental**	**Septentrional**	**Meridional**
Número de explotaciones (1000) %	**10.841** **100%**	943 9%	6.280 58%	394 4%	3.224 30%
Extensión agrícola utilizada (1000 ha) %	**174.351** **100%**	55.701 32%	61.593 35$	10.983 6%	46.075 26%
% tierras de siembra / SAU % pastos y prados permanentes / SAU % cultivos permanentes / SAU	**60%** **34%** **6%**	54% 44% 2%	70% 28% 2%	81% 18% 0%	48% 35% 17%
fuerza de trabajo (1000 UBA) %	**9.345** **100%**	1.327 14%	5.015 54%	307 3%	2.696 29%
extensión media de explotaciones (ha)	**16,1**	59,1	9,8	27,9	14,3
cabezas de ganado (1000 LSU) %	**130.320** **100%**	55.568 43%	40.643 31%	4.492 3%	26.196 23%
producción estándar (millones de EUROS) %	**321.568** **100%**	122.663 37%	100.883 30%	12.067 4%	95.955 29%

Tabla 1: Principales cifras agrícolas de la Unión Europea de los 28 (Eurostat 2013) por región climática

Atlántico: Bélgica, Francia, Dinamarca, Irlanda, Luxemburgo, Países Bajos y Reino Unido
Continental: Alemania, Austria, Bulgaria, Eslovaquia, Hungría, República Checa y Rumanía
Septentrional: Estonia, Finlandia, Letonia, Lituania y Suecia
Meridional: Chipre, Croacia, Eslovenia, España, Grecia, Italia, Malta y Portugal

Debido al elevado número de explotaciones de Rumanía, la región continental representa el 58% del total de explotaciones de la UE de los 28, seguida de la región meridional con el 30%.

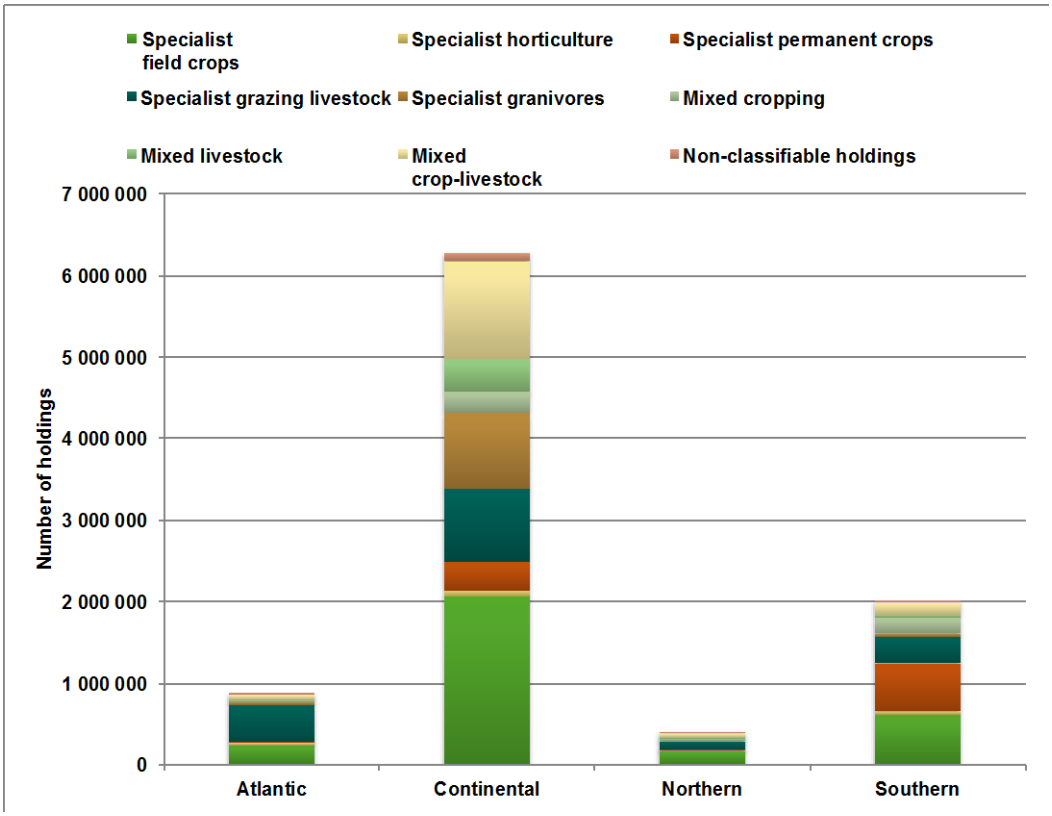


Figura 26: Explotaciones agrícolas en 2013 (Eurostat), por tipo de explotación y por región climática

Debido al elevado número de explotaciones en Rumanía, la zona Continental representa el 58% del total de explotaciones en la UE-28, seguida por la zona sur con el 30%.

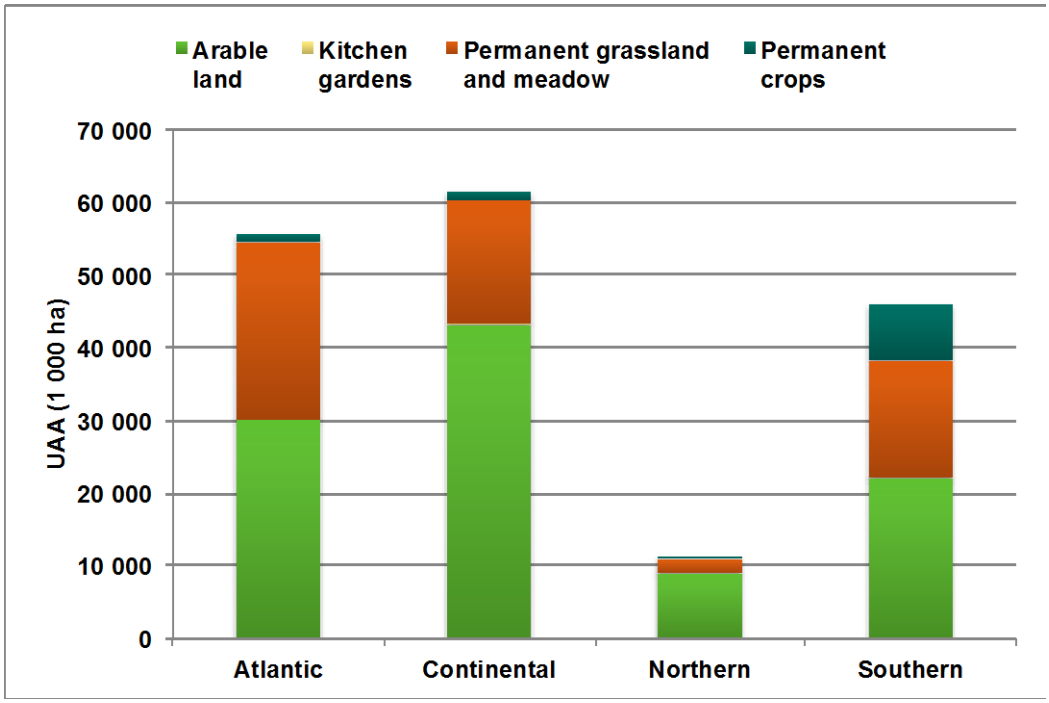


Figura 27: Superficie Agrícola Utilizada (SAU) en 2013 (Eurostat), según usos de la tierra y por región climática (izquierda)

Considerando la SAU total, las regiones Continental y Atlántica dominan con un **35%** y **32**% respectivamente, a continuación la región Sur o Septentrional con el **26**% y finalmente la región Norte con el **6**%.

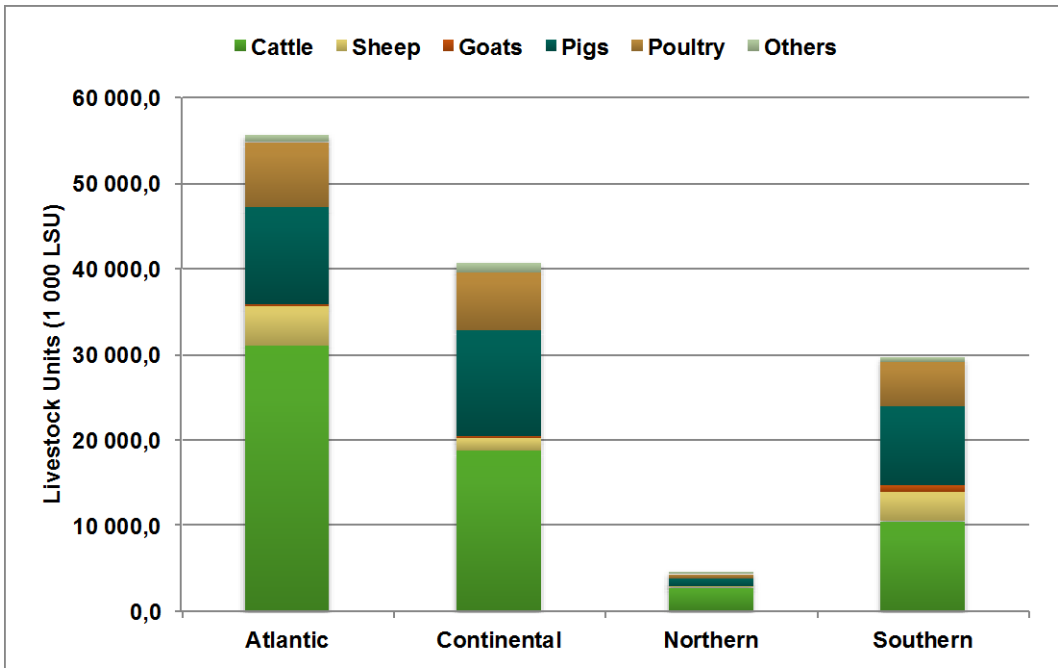


Figura 28: Cabezas de ganado (LSU, Livestock Unit) en 2013 (Eurostat) por región climática (derecha)

Con respecto a las cabezas de ganado (LSU), la región atlántica es la principal con un 43%, las regiones continental y meridional ocupan una posición intermedia con sus respectivos 31% y 23% y, en último lugar, la región septentrional con un 3%.

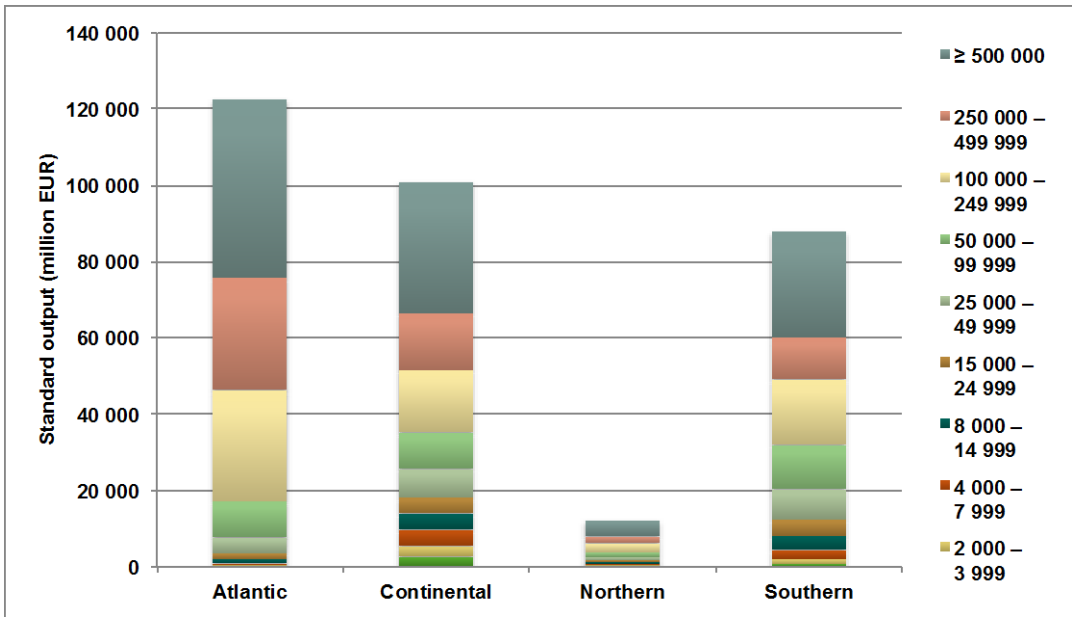


Figura 1: Producción estándar de explotaciones agrícolas en 2013 (Eurostat), por clase de tamaño económico y por región climática

Por último, atendiendo a la producción estándar (millones de Euros), la región atlántica es la primera con un 37%, las regiones continental y meridional ocupan la posición intermedia con un 30% y un 29% respectivamente y en último lugar se encuentra la región septentrional con un 4%.

1.5 BIBLIOGRAFÍA

EEA, 2005: Vulnerability and adaptation to climate change in Europe. Informe técnico de la AEE, nº 7/2005, Agencia Europea de Medio Ambiente.

EEA, 2012: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 - An indicator-based report, Informe de la AEE nº 12/2012, Agencia Eurpea de Medio Ambiente.

EEA, 2015: Agriculture and climate change. Article, signals - Toward clean and smart mobility, Agencia Europea de Medio Ambiente.

EEA, 2016: Global and European temperature. Indicator assessment, Data and maps, Agencia Europea de Medio Ambiente.

EEA, 2016: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report, Agencia Europea de Medio Ambiente.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Parte A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE UU, 1132 pp. [Existe traducción parcial al castellano: Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Parte A: Aspectos mundiales y sectoriales. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC. Resumen para responsables de políticas. IPCC: Grupo Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático]

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y New York, NY, EE UU, 688 pp. [Existe traducción parcial al castellano: Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Parte B: Aspectos regionales. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC. Resumen para responsables de políticas. IPCC: Grupo Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático]

2 Región climática atlántica/ Francia

2.1 PANORÁMICA GENERAL

Francia está dominada en su mayoría por la influencia de la región climática atlántica, aun cuando en el sur del país el clima sea mediterráneo. Con aproximadamente el 50% del total de las explotaciones y el 50% del total la superficie agrícola utilizada (SAU) de la región climática atlántica, la situación de Francia es bastante representativa de la zona de riesgo climático atlántico. Se puede hacer el mismo comentario para el ganado, donde la región climática atlántica representa el 43% del total de las cabezas de ganado de la UE y Francia el 39% del total de las cabezas de ganado atlánticas. La producción de los cultivos en Francia está bastante diversificada. Con un total del 67% de la superficie agraria útil (SAU) francesa, las tierras de cultivos de siembra son el principal tipo de cultivos, seguidas por las de pastos permanentes (30% / SAU) y, por último, los cultivos permanentes (3% / SAU). De manera similar, el tipo de producción animal en Francia está bastante diversificado, aun cuando el ganado vacuno represente la mitad del total de las cabezas de ganado.

2.2 AGRICULTURA Y CUESTIONES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

2.2.1 Cultivos arables

Se ha demostrado que los impactos climáticos son responsables del estancamiento de los rendimientos de los cereales en Francia, en especial por la mayor frecuencia de sequías y altas temperaturas que se dan al final del ciclo vegetativo. Desde un punto de vista general, los riesgos climáticos están limitando enormemente el rendimiento de los cultivos en el sur de Francia, mientras que en el norte de Francia parece posible que se obtengan mejores rendimientos o que aparezcan oportunidades para cultivos distintos.
Las tendencias climáticas registradas se intensificarán en un futuro próximo (en torno al año 2030), lo que acentuará la reducción de rendimientos debida a las altas temperaturas y el estrés hídrico al final del ciclo vegetativo.

2.2.2 Cultivos permanentes

Los cultivos permanentes, como los viñedos o los huertos de frutales, ilustran bien el cambio climático mediante el adelanto de los estadios fenológicos (fecha de floración y fecha de cosecha): muchas veces, los cambios en los cultivos permanentes son más perceptibles por los agricultores que los de los cultivos anuales. Así, con independencia de la variedad de uva o de la región francesa, la vendimia se produce al menos dos semanas antes que en 1988. Las preocupaciones giran sobre todo en torno a la calidad futura del vino y a la potencial implantación de riego “en terroirs” del sur de Francia.
Los riesgos climáticos para la producción de fruta se distribuyen de forma desigual a lo largo del año (todas las estaciones se ven afectadas), ya sea por el riesgo de temperaturas altas en primavera o verano (impacto sobre el rendimiento y el calibre de la fruta) o por bajas temperaturas en invierno (dormición).
Para el futuro próximo (en torno a 2030), los impactos del cambio climático sobre los huertos de frutales y viñedos deberían intensificarse y los agricultores tendrían que adaptarse sobre todo

mediante prácticas de explotación agraria, mientras que para el futuro lejano (finales de siglo), las opciones de adaptación deberán basarse sobre todo en la elección de nuevas variedades de cultivo y/o localizaciones con mejores condiciones climáticas.

2.2.3 Ganadería

Los impactos directos del cambio climático guardan relación principalmente con el deterioro del rendimiento de los animales (producción de leche o carne) debido a las altas temperaturas, que tienen un impacto enorme en el caso de las olas de calor. Este problema de las altas temperaturas afecta tanto a los animales estabulados en granjas como a los que están en el exterior (en periodos de pasto al aire libre).
Los impactos indirectos del cambio climático sobre la ganadería de mayor importancia son aquellos debidos a la disminución del rendimiento de las superficies de cultivos de forrajes. Las cuestiones climáticas para la producción ganadera se basarán en el tipo de extensiones de cultivos de forraje, así como en el predominio de los forrajes a base de maíz (o sorgo) o de pastos.
Los cambios vinculados al cambio climático para el futuro próximo (en torno a 2030) serán, por tanto, de magnitud reducida y bastante positivos, y las adaptaciones que se puedan imaginar cómo necesarias serían bastante marginales. Sin embargo, los sistemas de ganado seguirán siendo más vulnerables al cambio climático en el sur de Francia, donde la variabilidad interanual de la producción de forraje hace vulnerables a las explotaciones.

3 Región climática continental/ Alemania

3.1 PANORÁMICA GENERAL

Aproximadamente el 35% del total de la superficie agrícola utilizada en la UE se encuentra en la región climática continental, que se extiende por ocho países. De estas tierras agrícolas, en torno al 27% se encuentra en Alemania. Por tanto, se puede considerar que Alemania es representativa de la región de clima continental en lo que se refiere a agricultura. En el año 2014, el 15,3% de las explotaciones de Alemania se concentraba en la producción de cultivos de siembra, el 6,1% en cultivos permanentes (viticultura y producción frutícola) y el 57,5% en ganado. El 21,2% restante de estas explotaciones eran en su mayoría explotaciones mixtas (16%) y explotaciones hortícolas (4,9%). Las explotaciones mixtas son aquellas en las que ningún sistema de producción genera más del 50% de los ingresos de la misma.

3.2 AGRICULTURA Y CUESTIONES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

3.2.1 Cultivos arables

El aumento de las temperaturas, la sobrecarga térmica y el exceso de agua (aparición de hongos, acceso de maquinaria cosechadora a la explotación) son los factores climáticos que plantean el mayor riesgo para los cultivos de siembra en Alemania, así como en Baden-Würtemberg. Estos riesgos climáticos se traducen en la mayoría de los casos en una disminución del rendimiento y/o la calidad del cultivo y en un incremento de las plagas. En algunos casos, también generan oportunidades climáticas. Mediante el aumento de la temperatura, la región de crecimiento para el maíz se puede expandir, los tubérculos pueden contar con un periodo vegetativo más largo y las plagas de los entornos húmedos se pueden ver reducidas.

Los análisis de las estaciones meteorológicas muestran ya un incremento de la sequía primaveral en marzo y abril y un incremento de la sobrecarga térmica durante la fase de floración del trigo de invierno. Como las proyecciones climáticas (en torno a 2030) muestran un incremento de la temperatura media anual, todos los datos de vulnerabilidad relacionados con el aumento de las temperaturas se volverán más acusados y los datos de vulnerabilidad relacionados con el exceso de agua se volverán también más acusados en algunas zonas de Alemania.

3.2.2 Cultivos permanentes

Los riesgos climáticos más prevalentes están vinculados al incremento de los fenómenos meteorológicos extremos, por ejemplo los daños por granizadas y la sobrecarga térmica, que se traducen en daños para las frutas y la disminución de su calidad. En ambos casos, las oportunidades climáticas residen en el cultivo de variedades adaptadas a climas más cálidos.

Para la viticultura, la mayoría de los riesgos climáticos giran en torno a la calidad del vino y no tienen consecuencias, o solo muy reducidas, sobre la propia vid. Las viñas pueden hacer frente bastante bien a unas temperaturas más altas y a la sobrecarga térmica. Sin embargo, la uva riesling, una variedad originaria de la región alemana del Rin, necesita noches frescas y un clima moderado para producir vino de alta calidad. Esta variedad será una de las más afectadas por el cambio del clima en Alemania, sobre todo por el aumento de las temperaturas.
Para un futuro próximo (en torno a 2030), el granizo plantea el mayor potencial de daños para los cultivos permanentes, seguido por las heladas tardías. En Baden-Würtemberg, el déficit de agua representa el segundo mayor riesgo, mientras que en curso bajo del Elba lo serán las heladas tardías.

3.2.3 Ganadería

El principal riesgo directo proviene de la sobrecarga térmica debida al aumento de las temperaturas ambientales (disminución de la producción de leche en ganado vacuno, mayores tasas de mortalidad en cerdos y pollos). Para los cultivos de forraje, el déficit de agua durante la fase vegetativa se traduce en menores rendimientos y puede alterar la composición vegetal de los pastos permanentes. El exceso de agua también impone un riesgo en todos los casos, pues podría suceder que el ganado no pudiera pastar y que la maquinaria viera perjudicado su acceso a las explotaciones. Si es preciso desplazar los momentos de recolección debido al exceso de agua, la modificación se puede traducir en una reducción de la calidad del forraje.

En un futuro próximo (en torno a 2030), será necesario disponer de mayor capacidad de almacenamiento de heno y forrajes, así como reducir la proporción del mismo en la dieta para compensar la repentina pérdida de forraje cuando no se pueda cosechar.

4 Región climática meridional/ España

4.1 PANORÁMICA GENERAL

Existe un amplio consenso entre los expertos en cambio climático en que **la región mediterránea será una de las más afectadas a nivel mundial**, debido a los cambios previstos en el clima, como la reducción de las precipitaciones o la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos. Las proyecciones de los escenarios climáticos han demostrado también tener un **menor grado de incertidumbre** en la zona mediterránea que en el resto de las regiones climáticas de la UE. Además, el efecto de las mejoras en la precisión de los escenarios climáticos será menos significativo para evaluar los impactos de la agricultura mediterránea que en otros climas, ya que la agricultura mediterránea ya se desarrolla en condiciones muy limitantes (es decir, cuando la reducción en las precipitaciones en verano o el aumento de la temperatura es ya crítica, una mayor precisión en las proyecciones no va a cambiar significativamente los efectos esperados). Como resultado, el **área mediterránea necesita urgentemente soluciones prácticas de adaptación.**

Se espera que el cambio climático tenga un **efecto no uniforme** en la agricultura **española**, debido a su compleja orografía, a las zonas climáticas (atlánica, mediterránea norte, mediterránea sur, montaña mediterránea) y a los diferentes modelos de producción. Sin embargo, parece que los **efectos positivos** (CO_2, temperaturas más cálidas, estaciones libres de escarcha, etc.) **apenas compensarán los negativos** o simplemente reducirán la urgencia de abordar soluciones adaptativas en sectores o áreas particulares. Además, dado que las plantas son especialmente vulnerables a eventos climáticos extremos e impredecibles, frente a cambios a largo plazo, los posibles efectos positivos se verán severamente contrarrestados.

La agricultura de regadío y la de secano (que representan hasta el 75% de superficie agraria española), así como algunas regiones mediterráneas que ya se enfrentan a la escasez de agua y temperaturas extremas, estarán entre las más afectadas. En la mayoría de los escenarios de cambio climático, la **agricultura de secano** será **todavía factible**, aunque eventos extremos más frecuentes e impredecibles expondrán a estos modelos productivos a **incertidumbres económicas** que amenazarán su rentabilidad a largo plazo.

El **agua** se identifica como **uno de los principales retos** para reducir el impacto del cambio climático en la agricultura. En ese sentido, las políticas nacionales de gestión del agua tendrán que ser cuidadosamente planificadas junto con las estrategias agrícolas y climáticas. Por ejemplo, no se han tenido en cuenta nuevas zonas de regadío para el viñedo en el centro de España bajo una perspectiva climática, y las condiciones de crecimiento en algunas de estas zonas van a ser, en pocas décadas muy diferentes a las actuales, algo especialmente crítico para un cultivo permanente que necesita varios años para alcanzar su máximo rendimiento, lo que hace más difícil la adaptación para este tipo de cultivos. La misma situación puede ser crítica para posibles nuevas áreas de regadío dedicadas a los cultivos herbáceos en zonas que ya sufren temperaturas adversas, que pueden llegar a ser letales o no adecuadas para mantener la rentabilidad en un futuro próximo, ya que los rendimientos de los cultivos herbáceos podrían disminuir.

En los países mediterráneos (por ejemplo, en España, el agua destinada a la agricultura representa en algunas regiones el 70% del consumo total), cualquier decisión adoptada en ese sentido será determinante para el futuro del sector. Esta situación es realmente difícil, debido al cumplimiento de la Directiva Marco del Agua, a los desequilibrios económicos de la agricultura

de regadío y de secano, a la extrema escasez de este recurso en algunas zonas (según el Ministerio Español, se prevé una reducción media del 17% para el 2060 en la Península Ibérica debido al efecto combinado del aumento de la temperatura y la reducción de la precipitación, afectando más, a algunas zonas del sur), a los conflictos sociales tradicionales en torno a la agricultura y los derechos de agua, etc.

Otras variables no analizadas (o con información aún pobre) van a ser también cruciales para entender la situación de la agricultura española a medio plazo. Algunos aspectos como la elevada edad media de los agricultores, la baja diversificación de la producción en algunas zonas, el bajo nivel de agricultores profesionales o el elevado número de pequeñas explotaciones afectarán a la respuesta adaptativa al cambio climático y a la sostenibilidad de la agricultura en general. Es además necesaria más investigación en sistemas agrarios únicos y de alto valor, como dehesas, áreas de montaña o hábitats seminaturales manejados por los agricultores, con una fuerte relación con la conservación de la biodiversidad

Tabla 2: Principales datos agrícolas (Eurostat 2013) para el UE-28, la región climática meridional y la representatividad de España en la región climática meridional.

	Total EU-28	**Meridional**	**España**
Número de explotaciones (1 000)	**10 841**	3 224	965
%	**100%**	30%	30%
Utilized agricultural area (1 000 ha)	**174 351**	46 075	23 300
%	**100%**	26%	51%
% de cultivos arables / SAU	**60%**	48%	48%
% pastos permanentes / SAU	**34%**	35%	35%
% cultivos leñosos / SAU	**6%**	17%	17%
Labour force (1 000 AWU)	**9 345**	2 696	814
%	**100%**	29%	30%
Superficie media de las explotaciones (ha)	**16,1**	14,3	24,1
Unidades de ganado (1 000 UGM)	**130 320**	26 196	14 502
%	**100%**	23%	55%
Standard Output (million EUR)	**331 568**	95 955	35 979
%	**100%**	29%	37%

Región climática meridional: Chipre, Croacia, Grecia, Italia, Malta, Portugal, Eslovenia y España.

Es también necesario contar con información más específica sobre los **sistemas agroforestales**. Los sistemas agroforestales son modelos mixtos que integran la vegetación leñosa (árboles o arbustos) con cultivos y/o ganadería para beneficiarse de las interacciones ecológicas y económicas resultantes. En el caso de países como Chipre, Grecia, Malta, Italia, Portugal, Eslovenia y España, la **superficie dedicada a los sistemas agroforestales es muy relevante**, tanto en superficie como en SAU (véase el gráfico 13,14), y para la UE Representa el 8,8% de la SAU.

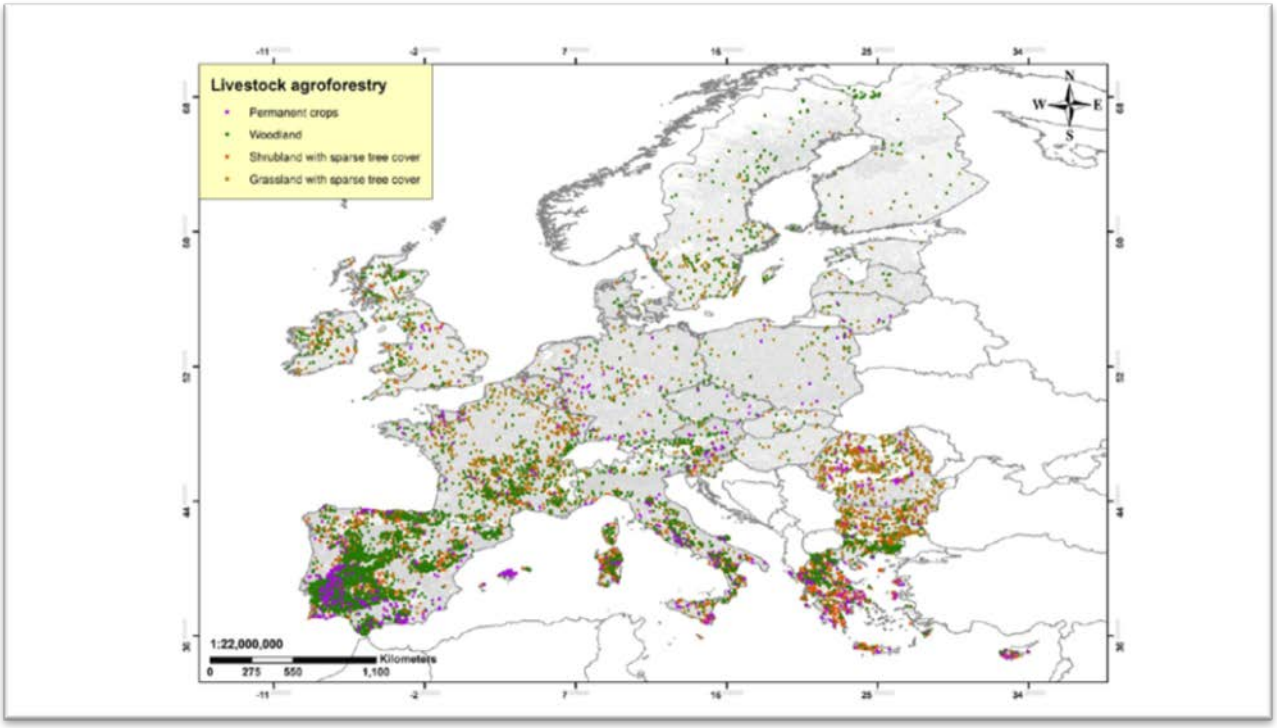


Figura 30: Distribución de los sistemas agroforestales con ganado y cultivos permanentes (frutales, olivos y frutos secos), arbolado, arbustos y pastos con árboles dispersos. Extensión actual y tendencia de los sistemas agroforestales en la UE 27. Fuente : AGFORDWARD.

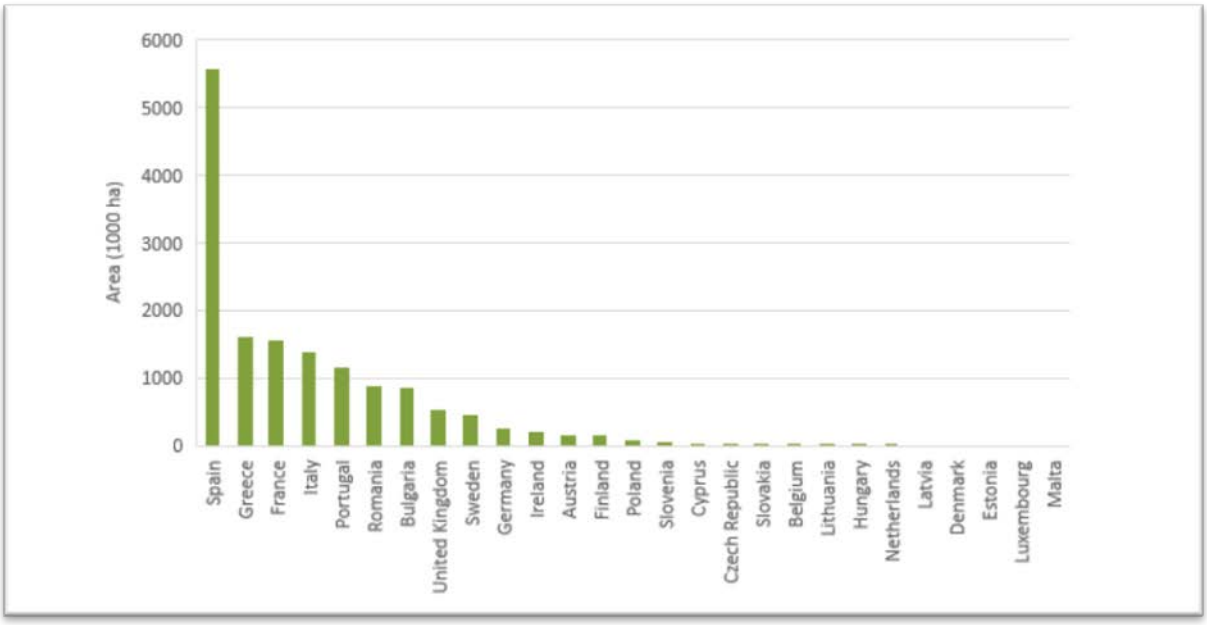


Figura 31: Extensión estimada (x1000 ha) del área cubierta por sistemas agroforestales in la UE 27 Source: Fuente Extensión actual y tendencia de los sistemas agroforestales en la UE 27. Fuente: AGFORDWARD

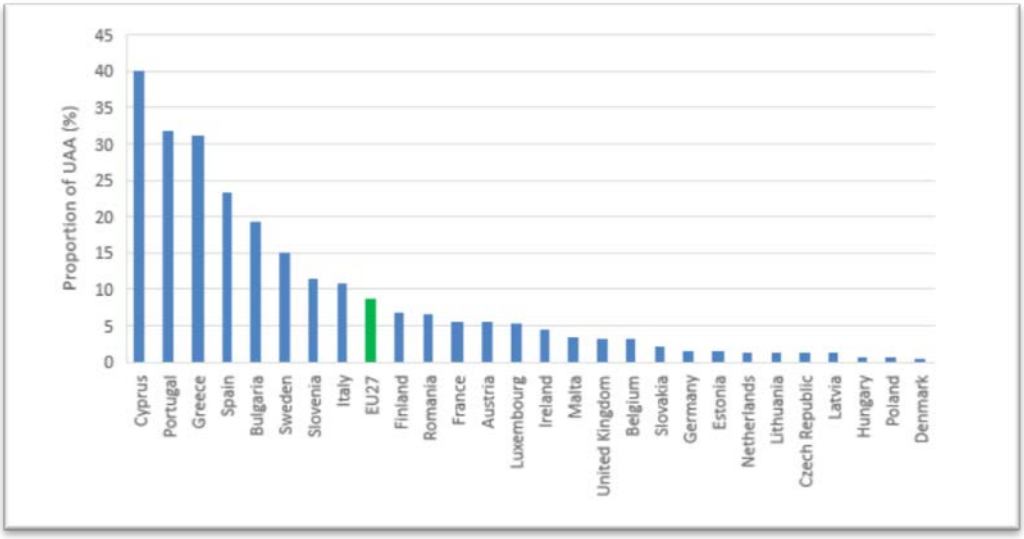


Figure 32: porcentaje estimado de la superficie ocupada por sistemas agroforestales en relación a la superficie agraria útil en la UE 27. Fuente: AGFORDWARD

España (5,6 millones de ha), Grecia (1,6 millones de hectáreas), Francia (1,6 millones de hectáreas), Italia (1,4 millones de hectáreas) y Portugal (1,2 millones de hectáreas) tienen la mayor extensión absoluta de **sistemas agroforestales**. Sin embargo, si nos fijamos en el alcance de la agrosilvicultura en relación con la superficie agraria útil (SAU), países como Chipre (40% de la SAU), Portugal (32% de la SAU) y Grecia (31% de la SAU) tienen el mayor porcentaje de cobertura agroforestal. (AGFORWARD, 2015). En España y Portugal los sistemas agroforestales o agrosilviculturales están representados principalmente por "**dehesas" y "montados**". Estos sistemas se encuentran entre los sistemas más diversos y de mayor valor natural de Europa. Las dehesas ibéricas son bosques de encinas abiertos dedicados a la cría de ganado y en suelos más fértiles cultivados periódicamente con cereales y/o forrajes. Esta es la razón por la que la agroforestería en general, y las dehesas en particular, se abordan en este proyecto, teniendo en cuenta sus componentes e interacciones entre ganado, pastos, cultivos y árboles.

4.2 CASO DE ESPAÑA

4.2.1 Tendencias climáticas para España en el Siglo XXI y Plan Nacional de Adaptación

En la región Mediterránea tendrá lugar un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciado en los meses estivales que en los invernales. Para el escenario RCP8.5 y para finales del Siglo XXI, la región Mediterránea experimentará incrementos medios de temperatura de 3,8ºC y de 6,0ºC en los meses invernales y estivales, respectivamente, y reducciones medias de precipitaciones de 12% y 24% en los meses invernales y estivales, respectivamente. Habrá un aumento de los extremos relacionados con las precipitaciones de origen tormentoso (IPCC 2013). En España, según la colección de datos denominada “Escenarios PNACC-Datos mensuales, que constituye la colección de escenarios climáticos regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (OECC-MAPAMA), las principales proyecciones de cambio climático estimadas concluyen lo siguiente (Herrero A & Zavala MA, editores (2015):

- **Temperatura máxima.** Todas las proyecciones muestran un aumento progresivo de las temperaturas máximas a lo largo del siglo XXI, más rápido para el escenario SRES más

emisivo (A2) y más lento para el escenario menos emisivo (B1). Así, para finales de siglo cuando los aumentos son mayores, es probable que la variación del valor medio de la temperatura máxima de los dos últimos decenios respecto al valor de referencia (1961/2000) esté comprendida entre 3,8 ºC y 5,8 ºC para el escenario de emisiones altas (A2) y entre 2,1 ºC y 3,3 ºC para un escenario de emisiones bajas (B1). Las temperaturas máximas estivales experimentarán mayores cambios, entre 3,4ºC y 6,7 ºC mientras que las invernales tendrán menos variaciones, entre 2,1ºC y 4,0 ºC, ambas respecto al escenario de emisiones medias-altas (A1B).

- **Olas de calor.** La longitud máxima de las olas de calor aumentará progresivamente a lo largo del siglo. Este aumento será más rápido en la zona interior del cuadrantes sureste de la península.
- **Temperatura mínima.** Todas las proyecciones muestran un aumento progresivo a lo largo del siglo XXI. Es probable que la variación del valor medio de la temperatura mínima de España peninsular para los dos últimos decenios esté comprendida entre 2,8ºC y 4,3ºC para el escenario más emisivo (A2) y entre 1,6ºC y 2,5ºC para el escenario menos emisivo (B1). Los cambios son mayores para los meses estivales (entre 2,5ºC y 4,6ºC) y menores en invierno (1,6ºc y 3,4ºC) y primavera para el escenario de emisiones medias-altas (A1B)
- **Precipitación.** El cambio relativo de la precipitación media del periodo 2081/2100 respecto al periodo de referencia se sitúa entre -10% y -27% para el escenario A2 y entre el -2% y el -17% para el escenario B1. En términos absolutos promediados para toda la península la reducción en la precipitación acumulada anual puede llegar a alcanzar 20 mm/mes. La evolución de la precipitación muestra mayor discrepancia e incertidumbre en cuanto a su posible evolución en el siglo XXI. En términos generales muestra una tendencia hacia una reducción más acusada en las latitudes más bajas y en términos porcentuales más acusada en los meses estivales que invernales. Hay una ligera reducción del nº de días con precipitación, un aumento de la longitud máxima de los periodos secos y un aumento de la fracción de la precipitación que cae en los percentiles más altos (menos precipitaciones pero más intensas). Con respecto a la sequía meteorológica, se observa un aumento de 15 a 20 días en el máximo nº de días consecutivos sin precipitación en la España peninsular.

El **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)**, aprobado en julio de 2006, es el actual marco de referencia para el desarrollo de políticas de adaptación en España. El PNACC promueve la coordinación entre todas las administraciones públicas que se ocupan de la evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático. El Plan fue aprobado tras un amplio proceso de consultas canalizado a través de los principales órganos de coordinación y participación en materia de cambio climático: la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático; el Consejo Nacional del Clima y la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente. El proceso contó con una variada participación, representativa de las administraciones públicas, organizaciones no gubernamentales y sectores sociales interesados.

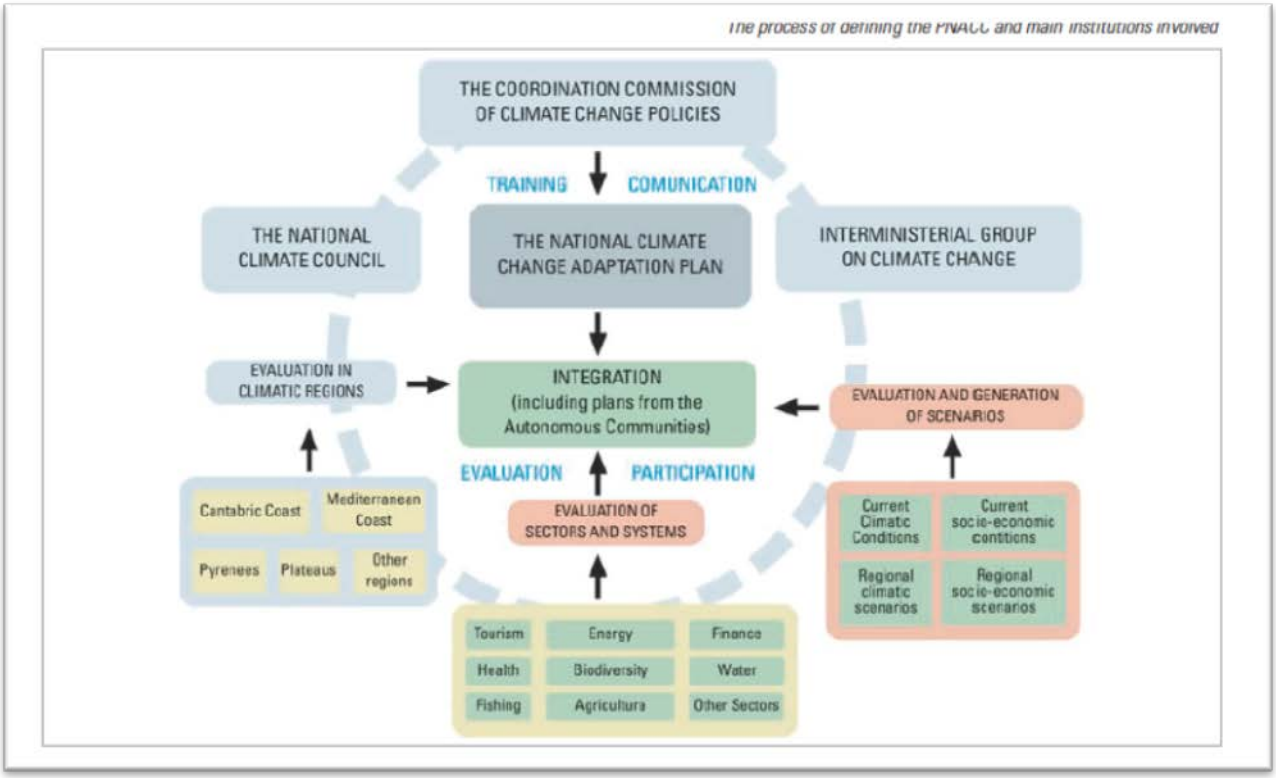


Figura 33: Proceso de definición del PNACC y principales órganos implicados. Fuente MAPAMA

La Oficina Española de Cambio Climático (OECC) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), coordina, gestiona y sigue la implementación del PNACC y sus Programas de Trabajo. El objetivo general del Plan es integrar la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de sectores y sistemas vulnerables en España.

NIVEL REGIONAL

A nivel regional, la **gran mayoría de las Comunidades Autónomas españolas ya han adoptado sus estrategias, planes o acciones de adaptación**. La mayoría de ellas han considerado la adaptación dentro de estrategias, marcos o planes generales de cambio climático en forma de programas, medidas o acciones, mientras que otros han desarrollado sus propias estrategias o marcos de adaptación. Las líneas de trabajo en las que las Comunidades Autónomas han desarrollado sus estrategias y planes son coherentes con el Plan Nacional de Adaptación y sus programas de trabajo.

En términos generales, las actuaciones desarrolladas en el marco de la adaptación al cambio climático están centradas en:

- Generación y análisis de conocimiento; cubriendo la mayoría de los sectores identificados en el PNACC: biodiversidad, recursos hídricos, forestales, agricultura, suelos y desertificación, salud, turismo
- Observaciones sistemáticas del clima
- Investigación sobre el cambio climático

El PNACC establece los efectos esperados del cambio climático sobre la agricultura y ganadería en España. En términos generales, se definen estos efectos como no uniformes: mientras **en algunas regiones españolas serán negativos, estos pueden ser beneficiosos en otras**:

- Los **efectos negativos** de las mayores temperaturas y menores precipitaciones pueden ser **compensados**, en algunos casos, por **mayores tasas de fotosíntesis**, debido al incremento del CO_2 en la atmósfera. Además, temperaturas más suaves en invierno podrán permitir mayores rendimientos, compensando así las pérdidas en otras

estaciones. En otros casos, este efecto disminuirá el impacto pero no será suficiente para compensarlo totalmente

- **Aumento de las necesidades de irrigación** en determinadas regiones
- **Cambios** importantes en la **distribución y el impacto de las plagas y enfermedades** que supondrán nuevos efectos a importantes cultivos para el sector agrícola, y por lo tanto para la economía española
- En cuanto a la ganadería, los efectos del cambio climático son difíciles de estimar, teniendo en cuenta la diversidad de sistemas ganaderos existentes. A pesar de esta diversidad, se esperan **impactos significativos sobre la salud y bienestar animal** afectando a la producción del ganado

EL PNACC se desarrolla a través de diferentes grupos de trabajo, a través de los que se priorizan y estructuran las actividades. Algunos resultados de estos grupos de trabajo para el sector agrícola son:

- Informe “Impactos del sector agrario en España”
- Acuerdo Marco de Cooperación entre la OECC, UPM, Secretaría General de Agricultura y Alimentación, CEIGRAM, para la promoción de actividades de I+D+I en los campos de mitigación y evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la agricultura, ganadería y otros sectores relacionados
- Alianza Global de Investigación en Gases de efecto Invernadero de la Agricultura (http://globalresearchalliance.org/)

La **Agricultura** es uno de los sectores considerados en el PNACC-WP3 para abordar las acciones de adaptación durante el período 2014-2020. Se incluye específicamente en el primer eje de acción: (i) **impactos sectoriales y evaluaciones de vulnerabilidad**, donde está previsto:

- Revisión, síntesis y evaluación de los conocimientos existentes
- Establecimiento y desarrollo de marcos de colaboración en el campo del seguro agropecuario
- Impactos y adaptación al cambio climático en las principales áreas y cultivos agrícolas en España, incluyendo la agricultura de regadío y sus demandas de agua
- Impactos y adaptación al cambio climático sobre:
    - Zonas y ganadería en España
    - Acuicultura en España
    - Industria agroalimentaria española
    - Seguros agrarios en España
    - Actividad pesquera en España
- Desarrollo de metodologías para el análisis de costes y beneficios de Adaptación, y aplicación en áreas piloto o áreas del sector
- Desarrollo de una guía metodológica para la integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial española del sector agroalimentario
- Indicadores del cambio climático en el sector

Más información en http://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries/spain

4.2.2 Herramienta o servicios climáticos

La producción de **escenarios regionales de cambio climático** para el territorio español a lo largo del siglo XXI representa un elemento clave del PNACC. La AEMET es responsable de coordinar este componente del PNACC, publicando estos escenarios en la página web de servicios climáticos de AEMET para todos aquellos interesados en las proyecciones del cambio climático para España.

En la fase inicial del PNACC, en 2007 se produjo una primera generación de proyecciones regionales, basada en los escenarios IPCC-TAR, junto con el informe "Generación de escenarios regionales de cambio climático para España". La segunda fase ha producido la recopilación de

las proyecciones "Escenarios-PNACC 2012", de los escenarios IPCC-4AR. Se han generado a partir de diferentes MCG y escenarios, utilizando métodos dinámicos y estadísticos. Además, se ha elaborado un conjunto de productos más amigable y centrado en el usuario, basado en los resultados de un taller de usuarios celebrado en 2011.

Se ha generado una **tercera colección de escenarios regionales de cambio climático para España derivados de los escenarios del IPCC AR5** junto con una herramienta amigable adaptada a las necesidades de los usuarios, con el fin de mejorar los productos de las proyecciones y servicios climáticos: **http://adaptecca.es/escenarios/**.
El principal objetivo de esta herramienta es facilitar la consulta de las proyecciones regionales de cambio climático para España durante el siglo XXI, llevadas a cabo por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) siguiendo técnicas de regionalización estadística. Los productos ofrecidos provienen de **proyecciones con datos diarios** generados mediante técnicas de regionalización estadística basadas en las **proyecciones mundiales del Quinto Informe de Evaluación del IPCC** (Expertos Intergubernamentales sobre Cambio Climático). Estas proyecciones contemplan **tres de los escenarios de emisiones** (RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5) y recogen **datos** durante el período 2015-2100 **de**: Temperatura máxima y mínima para 360 estaciones termométricas y de precipitación para 2092 estaciones de precipitación. El conjunto de datos que la aplicación “Escenarios” procesa suma más de 6.000 millones.

La aplicación permite realizar **consultas sobre: proyecciones de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, días cálidos, noches cálidas, días de escarcha, días lluviosos, duración de las olas de calor y duración del período seco durante el siglo XXI** (en relación con el período de referencia 1961-1990). Además, la aplicación “Escenarios” permite generar **productos gráficos** para un área o territorio elegido por el usuario (municipio, provincia, cuenca, etc.), que son procesados a través del procesamiento de datos de las estaciones incluidas dentro del área y grupo de proyecciones seleccionadas y disponibles. La interpretación de los datos debe tener en cuenta la representatividad de la totalidad de estaciones consideradas en cada consulta, en términos de número de estaciones y distribución de ellas, aplicando un principio de precaución cuando se consideran áreas donde las estaciones son escasas o lejanas. Los datos de proyecciones son indicativos en términos de tendencias y su uso en términos de fiabilidad y resolución no es comparable con el de los datos observados para las predicciones a corto y mediano plazo. Las proyecciones climáticas se basan en los resultados de modelos informáticos que implican simplificaciones de procesos físicos reales que actualmente no se entienden completamente.
La aplicación “Escenarios” es una herramienta que se actualizará a medida que se generen nuevos datos y la información sobre las proyecciones de nuevos indicadores sea demandada por los usuarios.

4.2.3 Proyectos sobre adaptación al cambio climático del sector agrario

Desde hace algunos años, existen diversos estudios disponibles en España que ayudan a cuantificar los impactos del cambio climático sobre la agricultura. La plataforma **Adaptecca**, gestionada por la Oficina Española de Cambio Climático, del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (OECC-MAPAMA), se dedica específicamente al intercambio y consulta de información sobre la adaptación al cambio climático en España. www.adaptecca.es

Es destacable la participación de diferentes investigadores españoles en el nudo de conocimientos **MACSUR**: una iniciativa europea para la modelización de los impactos del cambio climático sobre la agricultura europea para la seguridad alimentaria. MACSUR reúne la excelencia de la investigación en la modelización de praderas, ganado, cultivos, granjas y comercio agrícola para mejorar el modelado de los impactos del cambio climático en la agricultura europea. Uno de sus objetivos es informar a los responsables políticos sobre cómo el clima afectará a los sistemas agrarios regionales y a la producción de alimentos en Europa.

Dado que en España, los cereales son uno de los principales cultivos, y que se verán afectados considerablemente por el cambio climático, debido al estrés hídrico, al estrés térmico y a las sequías; existen **muchos estudios sobre adaptación al cambio climático para cereales** realizados por varios investigadores como Ana Iglesias, Margarita Ruiz Ramos o Tudela.

El Proyecto **LIFE ClimAgri** pretende demostrar la viabilidad de los sistemas de gestión basados en la integración de medidas para la mitigación del cambio climático y la adaptación de los cultivos de riego en la Cuenca Mediterránea. Dado que la agricultura de regadío y de secano de nuestro clima mediterráneo, que ya se enfrenta a la escasez de agua y a temperaturas extremas, estará entre las más afectadas.

Por otro lado, no hay que olvidar los sistemas agroforestales o agrosilvopastorales, un sector relevante en los países del sur como Chipre, Grecia, Malta, Italia, Portugal, Eslovenia y España. En este sector es destacable el proyecto **AGFORWARD** que fomenta las prácticas agroforestales en Europa, y promueve el desarrollo rural, es decir, la mejora de la competitividad y la mejora social y medioambiental. Bajo este proyecto se han desarrollado varias investigaciones sobre la adaptación al cambio climático de estos sistemas. Además el proyecto **LIFE "Montado & Clima**: Una Necesidad de Adaptar" introducirá tecnologías de adaptación innovadoras en dehesas y montados de España y Portugal.

Para los viñedos y la producción de vino, **Resco et.al** ha explorado las opciones de adaptación para las regiones vitivinícolas de España y las opciones de políticas de adaptación.

En cuanto al ganado intensivo, un proyecto interesante es **OptiBarn**, proyecto de investigación europeo con el objetivo de desarrollar estrategias regionales de adaptación sostenible para la ganadería lechera.

Tabla 3: Listado de proyectos de adaptación del sector agrario en España.

Proyecto	**Sistema Agrario**	**Ámbito (nacional, regional)**	**Contacto (nombre, web)**
Modelling European Agriculture with Climate Change for Food Security (MACSUR 1 and 2) http://macsur.eu/ 2013-2019 in Spain	Cereales, viñedos, ganadería	Europeo (Nódulo de conocimiento de 70 entidades de 18 países)	Margarita Ruiz-Ramos
"Impacto y adaptación de sistemas agrícolas de la zona Centro de la Península al cambio climático"PAI08-0009-4676 2008- 2009.	Cereales	Regional: Vice consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha	Margarita Ruiz-Ramos
Generación de escenarios probabilísticos de impacto y adaptación al cambio climático en la agricultura de la zona Centro de la Península. Herramienta de Soporte Científico a la toma de decisiones, v. 2" PEII10-0248-5680 2010-2013	Cereales	Regional: Vice consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha	Margarita Ruiz-Ramos

BASE EU research project "Bottom-Up Climate Adaptation Strategies Towards a Sustainable Europe" (BASE) supports action for sustainable climate change adaptation in Europe	Arroz en humedales costeros. Doñana	Regional	Ana Iglesias http://base-adaptation.eu/about-base
OptiBarn. Optimised animal specific barn climatisation facing temperature rise and increased climate variability	Ganado intensivo vacuno para producción de leche	Europeo. En España, Valencia y Euskadi	http://www.optibarn.eu/ Fernando Estellés. Universitat Politécnica de Valencia
AGFORWARD (AGroFORestry that Will Advance Rural Development)	Dehesas, ganadería extensiva	Europeo Sudoeste de España	Gerardo Moreno. https://www.agforward.eu/
'Montado & Climate: A need to Adapt'	Dehesas, ganadería extensiva	España y Portugal	http://adpm.pt/o-que-fazemos/projetos/life-montado-climate-a-need-to-adapt/
LIFE ClimAgri	Cultivos de regadío	Región Mediterránea (España, Italia, Portugal y Grecia)	Asociación Española de Agricultura de Conservación. Suelos Vivos info@agriculturadeconservacion.org www.climagri.eu
LIFE ADAPT2CLIMA		Región Mediterránea	adapt2clima.eu;

4.2.4 Redes agro-climáticas

La producción agrícola española representa el 12,1% de la producción agrícola de la UE. Los **sectores más relevantes**, que contribuyen al 50% de la producción agrícola nacional, son las **frutas y hortalizas, viñedos, olivares y cereales**. La producción de **cereales** ocupa hasta el **40% de las tierras agrícolas** españolas y las ¾ partes de las tierras cultivables. Los cultivos **permanentes**, que no son relevantes en otros países de la UE, representan aproximadamente **un tercio de la superficie agraria**. Sin embargo, estas cifras no están alineadas con el peso económico de estos subsectores. En ese sentido, las **áreas de regadío** (especialmente para la producción de hortalizas y cultivos industriales y algunos cultivos permanentes) concentran los **beneficios económicos**. La productividad de los cereales, en comparación con la producción de la UE, está fuertemente relacionada con la disponibilidad de agua y los suelos óptimos. Los cereales de invierno de regadío, con rendimientos significativamente más bajos que en Europa Central, dominan la producción de cereales en España. España es el país con el área vitivinícola más grande, casi 1,2 millones de hectáreas, el 14% del total mundial. Sin embargo, la producción es muy variable debido a las condiciones geográficas y climáticas, así como a la gran variabilidad interanual. Los viñedos tradicionales de secano coexisten ahora con las nuevas plantaciones de regadío (expansión del 40% en los últimos 15 años) con problemas ambientales actuales (sobreutilización y salinización de aguas subterráneas) y posibles problemas en el futuro (viñedos irrigados en zonas donde el clima está cambiando). El **ganado** contribuye al **40% de la producción nacional**, con sistemas de producción pecuaria muy diversos. Aproximadamente el 30% del territorio nacional (50 M. ha) es utilizado para pastos

4.2.4.1 CULTIVOS ARÁBLES

Tabla 4: Parámetros agroclimáticos para cultivos herbáceos en España

Cultivos herbáceos	Riesgo Climático	Oportunidades
Cereales de invierno (principalmente trigo y cebada)	**Estrés Hídrico** Aumento severo de la sequías en primavera y verano. **Cambios en la fenología** Disminución del ciclo de cultivo, cambios de fechas de siembra y maduración temprana. **Estrés térmico** Aumento de las temperaturas y disminución de la precipitación en primavera y verano. Aumento de los riesgos de calor durante los momentos críticos del ciclo del cultivo. Disminución de frío invernal o días de heladas, necesarios para algunas variedades. **Mayor frecuencia de eventos extremos** Mayor probabilidad de temperaturas letales en momentos críticos. Mayor variabilidad interestacional. Mayor probabilidad de lluvias torrenciales. **Sanidad vegetal** Mayor frecuencia de plagas/enfermedades o aparición de nuevas. **Gestión del cultivo** Mayor consumo de energía en los riegos. Pérdida o degradación de suelos agrarios. **Servicios ecosistémicos** Reducción o cambios en servicios ecosistémicos (polinización, pérdidas de biodiversidad, aparición de especies invasoras).	**Mayores tasas fotosintéticas** El incremento de CO_2 atmosférico aumentará las tasas de fotosíntesis. **Mayor productividad en áreas con límites de temperatura** Los inviernos más cálidos afectarán positivamente a la productividad, si se asegura el agua - en áreas donde la temperatura invernal limita el crecimiento. **Mejores condiciones de cosecha** La proporción de días de cosecha adecuados en junio sigue siendo alta o aumenta en MDN y MDS. **Mejores condiciones de siembra** Las condiciones de siembra de otoño mejoran sustancialmente en MDM.
Maíz	**Estrés hídrico** Mayor demanda de agua. Aumento en el nº de días con déficit hídrico en primavera. Aumento severo de las sequías estivales. **Cambios en la fenología** Disminución del nº de días adecuados para siembras. Las fechas de siembra se atrasan.	**Menor requerimiento hídrico** Los requerimientos hídricos del maíz serán menores, a pesar del incremento de temperaturas, porque el ciclo del cultivo se verá acortado.
Cultivos herbáceos	**Riesgo Climático**	**Oportunidades**
Maíz	**Mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos** Mayor frecuencia de temperaturas	

	extremas en fase llenado del grano. **Sanidad vegetal** Mayor incidencia o nuevas plagas y enfermedades. **Gestión del cultivo** Más energía consumida en riego. Degradación de las condiciones del suelo. **Servicios ecosistémicos** Reducción de los servicios ecosistémicos o cambios en su funcionamiento (polinización, biodiversidad, especies invasoras, etc.).	
Verduras	**Estrés hídrico** Mayor demanda de agua. Aumento en el nº de días con déficit hídrico en primavera. Aumento severo de las sequías estivales. Mayores requerimientos hídricos, combinado con una posible disminución en la calidad del agua en algunos casos por intrusión marina en acuíferos y/o contaminaciones por nitratos. **Mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos** Mayor frecuencia de olas de calor, fuertes precipitaciones, olas de frío, granizo, etc. **Sanidad vegetal** Mayor incidencia o nuevas plagas y enfermedades. **Gestión del cultivo** Más energía consumida en riego. Degradación de las condiciones del suelo. **Servicios ecosistémicos** Reducción de los servicios ecosistémicos o cambios en su funcionamiento (polinización, biodiversidad, especies invasoras, etc.).	**Mayor variedad de cultivos y temporadas más largas** Una mayor cantidad de días libres de heladas puede permitir el cultivo de ciertas verduras durante el invierno, así como la introducción en ciertas zonas de nuevos cultivos, aunque es posible que estas ventajas se vean contrarrestadas por otros efectos negativos, es decir, que puede que simplemente se cambie la localización de ciertos cultivos y se cambie su fenología.

FUTURO PRÓXIMO (SOBRE 2030):

Las tendencias climáticas y consecuencias agronómicas descritas anteriormente se intensificarán en el futuro próximo. Las **principales consecuencias** esperadas son la **reducción en los rendimientos, la degradación de las condiciones de cultivo y la pérdida de zonas potenciales para la agricultura.** En la mayoría de los casos los factores que determinarán estas condiciones son principalmente el aumento de las temperaturas y el estrés hídrico. Los eventos meteorológicos extremos también jugaran un papel fundamental, especialmente en aquellos agrosistemas cuya productividad es actualmente baja e irregular (como es el caso de los cereales de secano), ya que la competitividad media de las explotaciones puede llegar a situaciones insostenibles. En el caso de los cultivos en regadío, la disponibilidad de agua será un

factor crítico para su supervivencia, pues la escasez de agua debida al cambio climático y otros aspectos estratégicos (demanda de agua por parte de otros sectores, prioridades a nivel estatal, etc.) tendrán una influencia muy significativa.

4.2.4.2 CULTIVOS PERMANENTES

En el caso de los viñedos, Resco et al., 2016 ofrecen predicciones muy precisas sobre el futuro de los viñedos y concretamente para sus respectivas Denominaciones de Origen.

Cultivos leñosos	Riesgo Climático	Oportunidades
Viñedo	**Estrés térmico** Sobremaduración de la uva, tendencia inevitable a introducir nuevas variedades y patrones para obtener vinos con interés comercial. La introducción de nuevas variedades puede no estar reconocida por las normativas actuales de la DO o desvirtuar su imagen actual. **Estrés hídrico** El riego se volverá casi imprescindible en muchas zonas actuales. En las zonas más septentrionales el estrés hídrico puede mejorar la maduración y reducir enfermedades, aunque puede que los viñedos se expongan a situaciones de estrés hídrico a las que no están preparados. **Mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos** Mayor frecuencia de temperaturas extremas (por encima de 35ºC) periodo de crecimiento. **Cambio en la calidad/características de los vinos** Uvas con menor riqueza aromática. En términos generales, las uvas tintas pueden tener el riesgo de perder intensidad. **Sanidad vegetal** Mayor incidencia o nuevas plagas y enfermedades. **Gestión del cultivo** Más energía consumida en riego. Degradación de las condiciones del suelo. **Servicios ecosistémicos** Reducción de los servicios ecosistémicos o cambios en su funcionamiento (polinización, biodiversidad, especies invasoras, etc.).	**Expansión del viñedo a áreas más septentrionales o altas** En términos generales las temperaturas se incrementarán y también las áreas aptas para el cultivo del viñedo y condiciones óptimas de maduración.
Cultivos leñosos	**Riesgo Climático**	**Oportunidades**
Frutales	**Estrés hídrico** Mayor demanda de agua en frutales irrigados. Algunos cultivos de secano necesitarán riego	**Expansión de algunas especies a zonas más septentrionales** Inviernos más suaves y un

	para mantener cosechas competitivas. **Cambios en la fenología** Falta de vernalización, baja viabilidad en ciertas variedades y cambios en el calendario. **Sanidad vegetal** Mayor incidencia o nuevas plagas y enfermedades. **Gestión del cultivo** Más energía consumida en riego. Degradación de las condiciones del suelo. **Servicios ecosistémicos** Reducción de los servicios ecosistémicos o cambios en su funcionamiento (polinización, biodiversidad, especies invasoras, etc.)	acceso razonable a agua de riego podría permitir el cultivo de variedades mediterráneas a áreas más septentrionales.

Tabla 5: Parámetros agroclimáticos para cultivos leñosos en España

FUTURO PRÓXIMO (SOBRE 2030)

La única **perspectiva optimista** para el futuro próximo es que se prevé que hacia 2050 las **zonas de montaña mediterránea** alcanzarán un índice de Huglin **favorable para el cultivo de la viña**, y que algunas zonas septentrionales reunirán las condiciones para acoger frutales que actualmente no son viables debido a limitaciones térmicas. No obstante, queda por saber si estos efectos potenciales positivos se verían contrarrestados por otros negativos, como la no viabilidad de ciertos cultivos actuales o la menor disponibilidad hídrica en áreas no preparadas para ello.

Las **peores consecuencias** se prevén para las zonas de viñedo en condiciones actuales semiáridas, en algunos casos **viñedos de nueva planta** con inversiones muy significativas en los últimos años pero **dependientes del agua** para alcanzar rendimientos competitivos. La falta de condiciones adecuadas para el cultivo (debido a la falta de bajas temperaturas, mayor insolación, altas temperaturas durante la maduración, etc.) añadido a la escasez de agua, puede hacer que en estas nuevas explotaciones ya no se reúnan las condiciones óptimas de cultivo cuando deberían estar alcanzando su momento de máxima madurez y productividad. La planificación estratégica y a largo plazo de los recursos hidrológicos, así como una planificación agraria acorde, son aspectos fundamentales para evitar estas situaciones críticas en el futuro.

4.2.4.3 GANADERÍA

Determinar el impacto del cambio climático sobre el sector ganadero es una cuestión relativamente compleja debido a la gran diversidad de sistemas productivos existentes. Algunos factores como la disponibilidad de agua, los suelos utilizados o las producciones agrícolas asociadas son aspectos determinantes. No obstante, el grado de intensificación de la explotación puede ser uno de los factores clave para entender los efectos, ya que en las explotaciones más intensivas, las condiciones ambientales tienen una mayor probabilidad de controlarse mejor, mientras que los sistemas extensivos están mucho más influenciados por las condiciones climáticas.

IMPACTOS DIRECTOS

Tabla 6: Parámetros agroclimáticos para ganadería (impacto directo) en España

Ganadería	Riesgos climáticos	Oportunidades
Todos	**Aumento del estrés de los animales debido a las temperaturas** Los animales no estarán en sus condiciones ambientales óptimas por lo que consumirán más energía y alimento. El aumento de las temperaturas modificará sus patrones de alimentación por la necesidad de desprenderse del calor producido por el metabolismo del animal. Se espera una reducción del nº de horas en las que el animal está pastando debido el estrés térmico. Efectos inmunodepresores y reproductivos, aumento de los niveles de cortisol y adrenalina, y aumento del nº de abortos. **Salud de los animales** Aparición de nuevos parásitos debido al aumento de las temperaturas y cambio en la distribución de éstos. Mayor incidencia de plagas y enfermedades debido a la baja mortalidad de éstas en los inviernos que se esperan más suaves. Cambios en la distribución de las poblaciones de parásitos y sus vectores, debido a los cambios de temperatura. Se espera un avance latitudinal de por ejemplo algunas especies de garrapatas (*Boophilus microplus*) que afectan a la salud de los animales. Aumento de los gastos veterinarios y posible aparición de resistencias.	**Aumento de las temperaturas invernales** Menos muertes por frío.

IMPACTOS INDIRECTOS

Tabla 7: Parámetros agroclimáticos para ganadería extensiva (impacto indirecto) en España

Alimentación para el ganado	Riesgos climáticos	Oportunidades
Pastos permanentes	**Cambios en la disponibilidad de pastos** Menor calidad (menos leguminosas) en los pastos debido a una menor consistencia en la distribución de las lluvias primaverales. Menor cantidad de materia orgánica en los suelos debido a una menor frecuencia y duración de las lluvias primaverales. **Impactos sobre el suelo** Mayor riesgo de erosión del suelo debido al aumento de eventos meteorológicos extremos. **Impactos sobre los animales** Reducción del tiempo potencial de uso del pasto, y por tanto, mayor riesgo de sobrepastoreo y/o infrapastoreo.	**Cambios en la disponibilidad de pastos** Aumento en la producción de pastos otoñales/invernales por el aumento de CO_2 y temperaturas más altas.
Agua	Disminución de la disponibilidad de agua en charcas. Menor cantidad y calidad de recursos hídricos.	
Arbolado	Producción menor de bellota debido al estrés hídrico. Aumento del riesgo de incendios debido al aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones. Mayor incidencia de la “seca” de la encina ya que se ve favorecida por la alternancia de periodos de lluvia y sequía.	
Cereales de invierno	Con **inviernos más cálidos**, los cereales de invierno que requieren vernalización disminuirán su productividad.	**Inviernos más cálidos** afectarán positivamente a la productividad si hay agua suficiente.

4.3 BIBLIOGRAFÍA

Armas, C.I. 2014. Viticultura y cambio climático. Trabajo Fin de Grado. Universidad de La Rioja.

Iglesias A y Quiroga S. (2007). Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain. Climate Research. 34: pp. 45–57.

Iglesias A., Quiroga S., Schlickenrieder J. (2010) Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain. Climate Research, 44: 83-94.

Gabaldón-Leal C., Lorite I.J., Mínguez M.I., Lizaso J.I., ,Dosio A., Sanchez E., and Ruiz-Ramos M., 2015. Strategies for adapting maize to climate change and extreme temperatures in Andalusia, Spain. Climate Research, 65:159-173, doi:10.3354/cr01311.

Garrido A., Rey D., Ruiz-Ramos M. and Mínguez M.I., 2011.Climate change and crop adaptation in Spain: consistency of regional climate models. Climate Research Climate Research 49, 211-227.

Garrido A., Bielza M., Rey D., Mínguez MI. and Ruiz-Ramos M., 2011.Insurance as an adaptation to climate variability in agriculture. Chapter 19 in: Handbook on Climate Change and Agriculture Mendelsohn M and Dinar A. (Eds.), Edward Elgar Publishing Ltd., ISBN10 1849801169

Herrero A & Zavala MA, 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. Capítulo 2, http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/cap2-tendenciasobservadasyproyeccionesdecambioclimaticosobreespana_tcm7-403925.pdf

Ibáñez D. 2011. Efectos del cambio climático en las actividades agrarias y forestales. 2011.

Iglesias, E. et al. 2016. Assessing drought risk in Mediterranean Dehesa grazing lands. Agricultural systems.

Medida, F. 2016. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario: aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

M.I. Mínguez Tudela. 2011 MINUNIMAD-CC: Minimización de incertidumbres en los análisis de impactos y adaptaciones en los sistemas agrícolas de la Península Ibérica. Herramienta de Soporte Científico para la Toma de Decisiones Políticas". AGL2008-00385. 2009- 2011.

M.I. Mínguez Tudela. 2015. MULCLIVAR, Subproyecto ACER-AGRO, Variabilidad Climática Multiescalar. Impactos Agrícolas Y Económicos. Ii Evaluación Integrada De Riesgos Climáticos y Económicos: Adaptación De Sistemas Agrícolas En España

Mosquera-Losada, M.R. et al. 2015. Sistemas agroforestales y PAC. Ambienta.

Pérez et al. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España. Junta de Extremadura.

Pérez, M.A. et al. 2011. Mapa de impactos del cambio climático en Extremadura. Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente. Junta de Extremadura.

Resco et al., 2016. Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. Reg Environ Change (2016) 16:979–993

Región de Murcia (2008). Estrategia de la región de Murcia frente al cambio climático 2008-2012.

Resco, P. 2015. Viticultura y Cambio Climático en España: Vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Tesis Doctoral.

Rey D., Garrido A., Mínguez M.I. and Ruiz-Ramos M., 2011.Impact of climate change on maize's water needs, yields and profitability under various water prices in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 9(4), doi: 10.5424/sjar/20110904-026-11

Rey, D. et al., 2011. Impact of climate change on maize's water needs, yields and profitability under various water prices in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 2011 9(4), 1047-1058.

Ruiz-Ramos, M. et al., 2011. Impacts of projected maximum temperature extremes for C21 by an ensemble of regional climate models on cereal cropping systems in the Iberian Peninsula. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 3275–3291.

Ruiz-Ramos, M. & Mínguez, M.I. 2010. Evaluating uncertainty in climate change impacts on crop productivity in the Iberian Peninsula. Contribution to Climate Reasearch Special 22 'Agriculture in a changing climate'. Vol. 44: 69–82.

Ruiz Ramos, M. 2009. "Impacto y adaptación de sistemas agrícolas de la zona Centro de la Península al cambio climático"PAI08-0009-4676

Ruiz Ramos, M. 2013. Generación de escenarios probabilísticos de impacto y adaptación al cambio climático en la agricultura de la zona Centro de la Península.Herramienta de Soporte Científico a la toma de decisiones, v. 2" PEII10-0248-5680

Serrada R. Et al. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Tao F., Rötter R.P., Palosuo T., Díaz-Ambrona C.H.G., Mínguez M.I., Semenov M.A., Kersebaum K.C., Nendel C., Cammarano D., Hoffmann H., Ewert F., Dambreville A., Martre P., Rodríguez L., Ruiz-Ramos M., Gaiser T., Höhn J.G., Salo T., Ferrise R., Bindi M., Schulman A. H. Designing future barley ideotypes using a crop model ensemble, European Journal of Agronomy, Available online 6 November 2016, ISSN 1161-0301, http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.012.

Trnka et al., 2014. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. NATURE CLIMATE CHANGE, VOL 4

Trnka et al., 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. Global Change Biology, Volume 17, Issue 7, pages 2298–2318.

Herder M. et al, 2015. Current extent and trends of agroforestry in the EU27. AGFORWARD (613520)

4.4 LISTA DE EXPERTOS ESPAÑOLES CONSULTADOS

- Meteorólogos: J.R. Picatoste (OECC, MAPAMA)
- Agrónomos: M. J. Alonso (OECC, MAPAMA); A. Iglesias (UPM);
- Expertos en cereales: M. Ruiz Ramos (UPM)
- Expertos en ganadería: F. Estellés (UPV); G. Moreno (UEX)
- Expertos en viñedos: V. Sotés (UPM)
- Seguros agrarios: JC. Cuevas (Agroseguro) J.M. García (ENESA)

5 Región climática septentrional / Estonia

5.1. PANORÁMICA GENERAL

La superficie agrícola se emplea sobre todo como tierra de siembra (81%) y diferentes pastos (18%), donde los cultivos permanentes representan menos del 1% de la SAU. En el año 2016, se dedicaron a cultivos extensivos 673.000 hectáreas, de las cuales más de la mitad se destinaron a cereales (trigo de invierno 28%, centeno 4%, cebada de primavera 37% y trigo de primavera 21% de la extensión total sembrada de cereales en 2015). Se cosechó colza y nabos en un total de 70.800 hectáreas y patatas en 5.800 hectáreas. La extensión de tierras para verduras al aire libre ascendió a 3.100 hectáreas y los huertos de manzanos ocuparon casi la mitad de la extensión de huertos y plantaciones de frutos del bosque (6.600 ha). El número de cabezas de ganado vacuno en Estonia fue de 256.200, que en 2015 incluían 90.600 vacas lecheras. Los cerdos ascendían a 304.500, las cabras y ovejas a 90.900 y los pollos a 2,1 millones. La producción media de leche por vaca ha ido aumentando año tras año y en 2015 ascendió a 8.442 kilos.

5.2. AGRICULTURA Y CUESTIONES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

5.2.1. Cultivos arables

Los riesgos climáticos se derivan: del aumento de las temperaturas y/o de las sequías (déficit de agua) previas a la germinación, la brotación o el llenado de los granos (que pueden causar una disminución directa del rendimiento o de la calidad), y del exceso de agua en el periodo previo a la cosecha (que puede producir graves pérdidas de calidad).

Para el futuro inmediato, los modelos todavía no han predicho cambios significativos en las condiciones climáticas. Por consiguiente, podemos predecir que los fenómenos meteorológicos continuarán siguiendo las tendencias actuales y no se puede augurar ninguna variación sustancial en las vulnerabilidades. Sin embargo, el riesgo de episodios de clima extremo puede acabar siendo crítico en algunas localizaciones de manera aleatoria. El incremento perceptible para los rendimientos de los cultivos puede representar una consecuencia positiva del cambio climático.

5.2.2. Cultivos permanentes

Los riesgos climáticos que más prevalecen entre los cultivos permanentes están vinculados al incremento de los episodios de clima extremo, como por ejemplo los daños por granizo y la sobrecarga térmica. Estos episodios climáticos se traducen en daños para las frutas y en la disminución de la calidad de la misma. Las oportunidades climáticas vienen representadas por el cultivo de variedades adaptadas a climas más cálidos.

Para la viticultura, en un futuro próximo hay más oportunidades climáticas que riesgos. Ahora, el contenido de azúcar es demasiado bajo y el contenido ácido demasiado elevado para la producción de vino, por lo que debido al aumento de las temperaturas pueden alcanzar los

niveles recomendables. Al mismo tiempo, seguramente se incrementará la aparición de plagas y enfermedades y, por tanto, se hará necesario el uso de pesticidas.

5.2.3. Ganadería

El impacto directo del cambio climático sobre los sistemas de ganado sin uso de pastos y en los sistemas de producción intensiva de animales, como la producción de pollos o cerdos, se verá menos afectado que los sistemas ganaderos a base de pastos y mixtos debido a la posibilidad de controlar el microclima de interior. Sin embargo, será necesario incrementar las inversiones para mejorar los sistemas de refrigeración de los establos. Con el paso del tiempo, la sobrecarga térmica puede incrementar la vulnerabilidad a las enfermedades y reducir la ingesta de alimento, la fertilidad, la producción de leche y el rendimiento del engorde. Los inviernos más cálidos y el adelanto del comienzo de la primavera seguramente permitirán que sobrevivan mejor algunos parásitos y patógenos.

El aumento de las temperaturas, el incremento de las precipitaciones y la disminución de la capa de nieve fomentan las prácticas tradicionales de cría de animales. Los pastos podrían reverdecer antes en primavera y envejecer más tarde en otoño, pero sufrirían más sequías y más prolongadas en los periodos intermedios. La mayor incidencia de la sequía podría complicar la producción de ganado en el periodo estival debido a la escasez de alimento. En Europa septentrional, es probable que se reduzca el riesgo de daños derivados de la nieve para la variedad de hierba autóctona (*Phleum pratense*), pero habrá un ligero incremento del riesgo de escarchas y heladas primaverales en algunas localidades costeras. También se pronostica un incremento del riesgo de daños por las heladas en invierno (debido a la gran disminución del número de días con capa de nieve aislante, lo que expone a las plantas a las heladas) en Jokioinen (Finlandia) y Tartu (Estonia).

Agri Adapt

Bodensee Stiftung
Lake Constance Foundation

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

Solagro

Con el apoyo de:

Life

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Fundación Biodiversidad

PIMA adapta