Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

Nota divulgativa

Impacto del cambio climático sobre la agricultura andaluza: Trigo

Lorite IJ, Gabaldón-Leal C, Porras R, Santos C, Sillero J

Resumen

Según las previsiones, el sur de Europa se verá afectado de manera significativa por un cambio en las condiciones climáticas y, por lo tanto, los sistemas agrícolas andaluces pueden verse seriamente afectados. Así, el incremento de temperaturas y la disminución de las precipitaciones serán los efectos más visibles del cambio climático y podrían tener un efecto negativo sobre el cultivo del trigo. El impacto previsible sería la reducción de las cosechas causada por la disminución de la transpiración del cultivo asociada al descenso de las precipitaciones y por los daños generados por olas de calor durante las fases de floración y llenado del grano. A pesar de estos impactos potenciales, el trigo, comparado con otros cultivos, no es especialmente vulnerable al cambio climático debido a su gran adaptación a ambientes semiáridos, con frecuentes sequías y elevadas temperaturas. A diferencia de otros cultivos presentes en Andalucía, no se prevén grandes diferencias en el impacto entre los diferentes sistemas cerealistas ubicados en el Valle del Guadalquivir. Sin embargo, esta circunstancia no impide que sea necesaria una caracterización previa de los sistemas cerealistas andaluces para cualquier tipo de trabajo relacionado con la identificación del impacto del cambio climático sobre el sector.

Tras el análisis de los sistemas cerealistas andaluces, se cuenta con un número limitado pero muy efectivo de medidas de adaptación para reducir el impacto del cambio climático, tanto para sistemas en secano como en regadío, logrando en muchas zonas revertir los impactos negativos del cambio climático en su totalidad, especialmente en aquellos sistemas con acceso al riego, aunque con dotaciones sumamente limitadas. Así, el adelanto en la fecha de siembra, el empleo de estrategias de riego de apoyo y la mejora de la eficiencia en el uso del agua con prácticas eficientes de manejo de suelo son algunas de las medidas de adaptación a llevar a cabo en los sistemas cerealistas andaluces.

Algunas de las medidas de adaptación propuestas requerirán de formación avanzada y específica a los agricultores y técnicos, por lo cual es importante implantar, extender y promover servicios de asesoramiento que contribuyan a mejorar la gestión de los recursos disponibles, con el objetivo de hacer frente al impacto del cambio climático y asegurar la sostenibilidad de los sistemas cerealistas andaluces en el futuro.

El cultivo del trigo en Andalucía en la actualidad

La superficie de trigo cultivada en Andalucía en 2017, según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, fue de aproximadamente 375000 de hectáreas, siendo casi 300000 ha de trigo duro y el resto de trigo blando. Esta superficie representa el 65.7% y el 4.4% del total nacional, respectivamente. La práctica totalidad de esta superficie es cultivada en secano tanto para trigo duro y blando, con porcentajes alrededor del 94%, quedando el resto en regadío con dotaciones generalmente reducidas.

Las superficies cultivadas tanto de trigo duro como blando han evolucionado significativamente en los últimos años, con cambios importantes. Así, la superficie cultivada con trigo blando se ha reducido en un 46% desde 2004, mientras que la superficie de trigo duro se ha incrementado en un 63.5% en el mismo periodo, detectándose también una gran variabilidad entre años.

En términos de producción, los últimos datos disponibles (año 2017) indican que la producción de trigo duro en Andalucía alcanzó las 746 mil toneladas, lo que supuso el 70.2% del total nacional. Sin embargo, para el trigo blando la producción fue de 244 mil toneladas, representando únicamente el 6.5% del total nacional.

¿Cuáles son los factores ambientales que influyen en la producción de trigo en Andalucía?

Analizando los componentes que afectan al cultivo del trigo podemos definir 4 factores relacionados directa o indirectamente con las condiciones meteorológicas que condicionan la producción de trigo en Andalucía:

a. La fenología del cultivo

Definimos la fenología como la relación existente entre los factores climáticos y los ciclos del cultivo, siendo ésta un factor muy relevante en la producción de los cultivos. En el caso concreto del trigo, esta importancia se debe a que el trigo no es igual de sensible al estrés en todas sus fases fenológicas, existiendo fases en las cuales la sensibilidad a eventos extremos de temperatura y/o estrés hídrico es mucho mayor que en otras. Así, la floración y el llenado del grano son dos de las fases más críticas en las cuales eventos extremos pueden afectar de manera decisiva sobre la producción de trigo.

b. La transpiración del cultivo del trigo y el estrés hídrico

Uno de los factores más determinantes en la producción de trigo es la cantidad de agua transpirada por el cultivo. Cuando la planta no dispone de la cantidad de agua necesaria se produce un estrés hídrico que genera un cierre de los estomas, y por tanto una reducción de la transpiración. Esta menor transpiración generará un menor intercambio gaseoso y por lo tanto una menor producción. Además de la cantidad total de agua transpirada por la planta,

un factor importante es el nivel de estrés hídrico sufrido por el cultivo en determinados periodos fenológicos.

c. La temperatura y el estrés térmico

Eventos de temperatura elevada durante la floración y el llenado del grano suelen tener un impacto muy negativo sobre la producción, ya que ambas fases fenológicas del cultivo se ven seriamente afectadas por episodios de temperaturas extremas. Además, dado que usualmente los episodios de sequía (estrés hídrico) y de olas de calor (estrés térmico) coinciden, los efectos sobre la producción pueden ser especialmente negativos. Esto ocurre debido a que los mecanismos de la planta para evitar el estrés hídrico (cierre de estomas) son contraproducentes para evitar los daños por estrés térmico puesto que pueden generar un incremento adicional de la temperatura de la planta.

d. Plagas y enfermedades

Finalmente, aspectos relacionados con la incidencia de plagas y enfermedades tienen un impacto muy significativo sobre la producción de trigo. Así, cambios en las condiciones climáticas pueden afectar de manera importante a la evolución de plagas y enfermedades, teniendo importantes efectos sobre la producción final de los sistemas cerealistas andaluces. Este es el caso de la aparición relativamente reciente de una nueva raza de roya amarilla, que ha superado la resistencia genética de muchos de los trigos que se cultivaban en Andalucía. Esta raza es virulenta frente a un amplio rango de genes de resistencia y está mejor adaptada a las elevadas temperaturas.

Figura 1. Efectos de la roya amarilla sobre el cultivo del trigo

¿Cuáles son los pronósticos climáticos futuros para las zonas cerealistas andaluzas?

Los efectos del cambio climático sobre las zonas cerealistas andaluzas se determinan mediante el desarrollo de modelos climáticos, los cuales realizan proyecciones del clima futuro para Andalucía, basadas en otros modelos climáticos globales más complejos. Tradicionalmente se habla de tres periodos de estudio: el periodo control, empleado como referencia y que abarca el periodo 1981-2010, el periodo futuro cercano, que considera el periodo 2021-2050, y el periodo futuro lejano, que engloba el periodo 2071-2100. Estos son los pronósticos específicos para las zonas tradicionales de trigo en Andalucía:

a. Incremento de la temperatura

Todos los modelos climáticos coinciden en predecir un incremento de la temperatura en el futuro. Este incremento es bastante homogéneo entre las diferentes zonas cerealistas de Andalucía. Así, en el periodo 2021-2050, el incremento medio de temperatura oscila entre 0.8 y 1°C. Cuando se evalúa el periodo 2071-2100 los incrementos de temperatura serían mucho mayores, oscilando entre los 2.7°C para las comarcas malagueñas de Ronda y Antequera, hasta los incrementos de 3.2°C en zonas de las provincias de Jaén y Córdoba.

b. Disminución de precipitaciones

Las estimaciones indican una reducción general de las precipitaciones en Andalucía, aunque su cuantía e intensidad tienen un alto nivel de incertidumbre comparado con los

pronósticos para las temperaturas. Igualmente se prevé que esta disminución no será igual en todas las zonas. Así, las caídas en el periodo 2021-2050 oscilarían entre el 1% para la zona de Antequera (Málaga) hasta disminuciones del 9% para la comarca del Valle de los Pedroches en la provincia de Córdoba. En el periodo 2071-2100 las caídas de precipitaciones serían más acusadas, pudiendo llegar la reducción en algunas zonas hasta el 38%. Igualmente, esta disminución de precipitaciones también traería consigo cambios en su distribución en el tiempo, con un incremento en los eventos de lluvia extrema, y en el número y severidad de los periodos de sequía.

c. Incremento de la concentración de CO_2 atmosférico

La concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera ha ido oscilando entre las 180 y 300 partes por millón (ppm) en los últimos 400000 años. Sin embargo, desde la revolución industrial la concentración de CO_2 ha ido incrementándose, llegando en la actualidad a 400 ppm. Los pronósticos de concentración de CO_2 en el futuro oscilarían entre 450 y 700 ppm, dependiendo de la evolución de las emisiones de gases efecto invernadero que se realicen.

¿Cuáles son los impactos previsibles del cambio climático sobre el trigo en Andalucía?

Los cambios previstos en el clima tendrán un impacto significativo sobre los sistemas cerealistas andaluces. Así, el incremento de temperatura, la diminución de precipitaciones y el cambio en el patrón de distribución temporal de las mismas, tendrán claros efectos sobre el cultivo del trigo:

a. Adelanto en la fenología del cultivo

El incremento de temperaturas previsto tendrá como consecuencia un adelanto en la fenología del cultivo. Así, para las variedades sin necesidades de vernalización se esperan adelantos tanto en la fecha de espigado como en la fecha de madurez fisiológica, lo que conllevará un acortamiento en el ciclo general del cultivo, con las consiguientes consecuencias sobre la producción de trigo.

b. Disminución de la transpiración por sequía y acortamiento del ciclo del cultivo

Los sistemas cerealistas de secano andaluces se verán afectados por el estrés hídrico asociado a la disminución de precipitaciones, lo cual generará una disminución en la transpiración de la planta. Igualmente, el incremento de temperatura previamente descrito generará que el ciclo de los cultivos sea más corto, reduciendo también la transpiración total del cultivo y por tanto la cosecha final.

c. Incremento en la incertidumbre en la estimación de la producción de trigo en sistemas de secano

Al simular el comportamiento de los sistemas cerealistas en Andalucía considerando las variaciones previstas en temperatura y precipitación, algunos trabajos como los de Pirttioja

y col. 2015 (Climate Research 65:87-105) han detectado una disminución de la producción asociada principalmente de la caída de las precipitaciones. Así, para el periodo 2021-2050 la disminución en las producciones oscilaría desde alrededor de un 1% para zonas de las provincias de Cádiz y Huelva, hasta casi un 10% para zonas del norte de la provincia de Córdoba y Jaén. Sin embargo, para el periodo 2071-2100 las disminuciones serían mucho mayores, oscilando entre el 20 y 30% según la zona analizada. Estos valores consideran únicamente los efectos del incremento de temperaturas y la disminución de precipitaciones, pero hay otros factores que previsiblemente afectarán a la producción de trigo en el futuro.

A la hora de evaluar el comportamiento del trigo en el futuro es preciso considerar el incremento sobre la producción generado por el aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera. Así, según trabajos recientes, para el periodo 2040-2069 se estima que la producción de trigo en condiciones de secano en España se reduzca aproximadamente un 9% al considerar únicamente la disminución de precipitaciones y el incremento de temperaturas. Pero si se considera también el incremento de CO_2 la situación cambia y se pronostican aumentos de producción de aproximadamente el 3%. Sin embargo, el impacto de la concentración de CO_2 sobre los cultivos tiene un alto nivel de incertidumbre, mayor que el efecto negativo de otros procesos como el estrés hídrico y térmico, por lo que estos resultados deben tomarse con precaución.

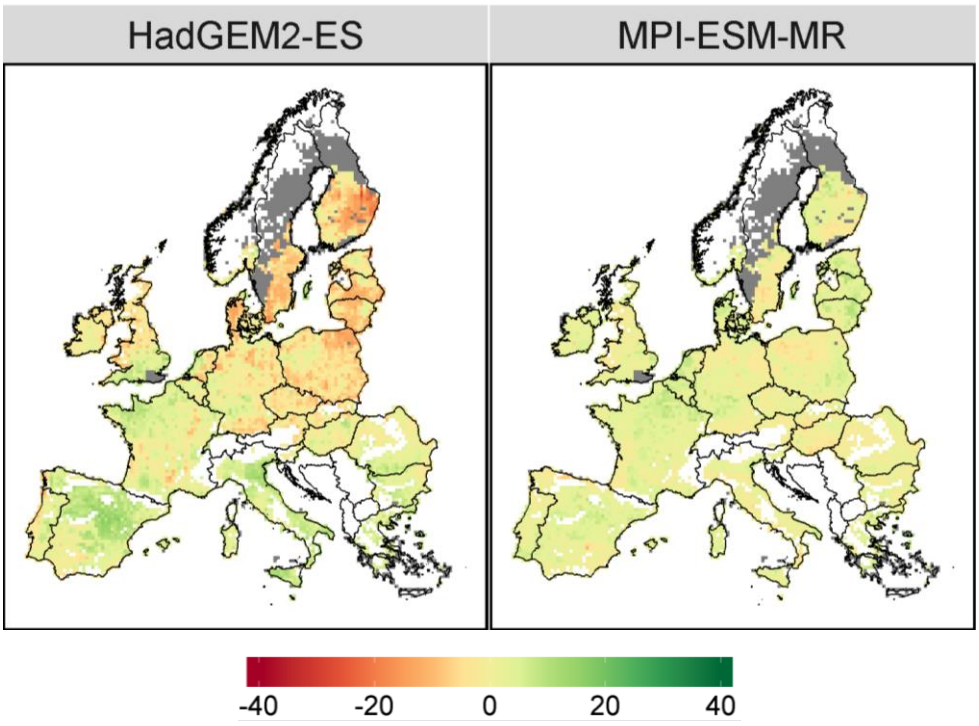

Figura 2. Cambios en la producción de trigo en Europa (en porcentaje) para el periodo 2040-2069 respecto al periodo control (1981-2010) considerando dos modelos climáticos diferentes (HadGEM2-ES y MPI-ESM-MR) según Webber y col. (2018) publicado en Nature Communications 9:4249

d. Incremento de la cosecha en regadío

La eliminación del estrés hídrico debido al regadío, aunque sea parcial, junto con la mejora de la eficiencia en el uso del agua generada por el incremento de CO_2, generará un aumento en la cosecha de trigo en las condiciones climáticas futuras. A diferencia de los resultados obtenidos en secano, en regadío presentaron prácticamente los mismos resultados con todos los modelos climáticos considerados, siendo por tanto la incertidumbre de la estimación muy baja.

e. Disminución de la calidad del trigo por el incremento de CO_2

Trabajos recientes alertan de los efectos negativos del incremento de CO_2 atmosférico sobre la calidad del trigo. Si bien las caídas son limitadas, se estiman disminuciones en el contenido de proteína en grano de hasta un 5% cuando los niveles de CO_2 alcanzasen las 565 ppm. Estas disminuciones en el contenido en proteína, aunque se podría paliar con un manejo adecuado del abono nitrogenado, deben ser consideradas al reducir los beneficios previamente indicados sobre la producción debida al incremento de CO_2 atmosférico.

f. Incremento de la erosión causado por los eventos extremos de lluvia

Las proyecciones climáticas futuras, aunque pronostican disminuciones de la cantidad total de precipitación, también alertan de una mayor frecuencia de eventos extremos de lluvia en forma de tormentas. Este hecho generará un incremento significativo de los procesos de erosión, generando pérdidas de suelo importantes, y que por tanto afectarán de manera decisiva a los cultivos y a su producción.

¿Cómo podemos adaptar las zonas cerealistas andaluzas al cambio climático?

El número de medidas de adaptación para el cultivo del trigo en Andalucía no es excesivamente numeroso, pero con una correcta aplicación de éstas, se puede lograr reducir, e incluso revertir en su totalidad, el impacto negativo del cambio climático sobre los sistemas cerealistas andaluces.

a. Consideración de variedades sin necesidades de vernalización

Si bien el uso de variedades con necesidades de vernalización es escaso en Andalucía, el empleo de éstas frente a las variedades sin necesidad de vernalización penaliza gravemente la producción de trigo en Andalucía. Así, el paso a variedades sin necesidades de vernalización supone un incremento de la producción en torno al 12% para el periodo 2021-2050 (futuro cercano). Para el periodo 2071-2100 (futuro lejano) este incremento oscila entre el 21 y el 25.5%. En regadío estas diferencias son aún mayores, con incrementos para el futuro cercano de en torno al 30% y para el futuro lejano entre el 43.5 y el 52%.

b. Adelanto en la fecha de siembra

Trabajos recientes de Ruiz-Ramos y col., publicados en Agricultural Systems 159:260-274, han evaluado el papel de la fecha de siembra como medida de adaptación al cambio climático, determinando que, en condiciones de secano, adelantar la fecha de siembra 15 días

(de finales de octubre a mediados de octubre) supone un incremento en las producciones en torno al 8% para el periodo 2021-2050 y del 16% para el periodo 2071-2100, con diferencias muy pequeñas entre las diferentes zonas cerealistas andaluzas. En condiciones de regadío los beneficios de las siembras tempranas serían similares, con incrementos para el futuro cercano de entre el 4 y el 8.5%, y de entre el 15.5 y el 17% para el periodo de futuro lejano. La causa de estos incrementos serían el adelanto de las fechas críticas del cultivo (floración y llenado del grano), reduciendo la posibilidad de que ocurran durante estas fechas episodios de estrés hídrico o térmico que conllevarían mermas en la producción final del grano.

c. Introducción del regadío de apoyo con dotaciones muy reducidas

Como se ha comentado anteriormente, los sistemas cerealistas de invierno en secano son más sensibles al impacto del cambio climático, dada la imposibilidad de aplicar riego para mitigar el estrés hídrico causado por la disminución de precipitaciones. Sin embargo, dada la limitada productividad del agua en el cultivo del trigo (definida como euros por metro cúbico de riego aplicado) y la escasez de agua para nuevos regadíos, la introducción del regadío en el trigo de secano en Andalucía como medida de adaptación sólo puede ser posible considerando estrategias de riego deficitario severo o de apoyo.

La consideración de un riego de apoyo de 40 mm durante la fase de espigado tendría beneficios significativos sobre la producción de trigo en Andalucía. Así, en el futuro este riego de apoyo generaría un incremento en la producción de, aproximadamente, el 18% para el periodo 2021-2050, y entre el 22.5 y el 26.5% para el periodo 2071-2100, con respecto a los sistemas de secano.

d. Integración de diferentes medidas de adaptación

La coordinación de varias medidas de adaptación supondrá incrementos adicionales en la producción de trigo en el futuro, con respecto a aquellos sistemas sin consideración de medidas de adaptación. Así, el adelanto de la fecha de siembra de 15 días más la incorporación de riego de apoyo (40 mm durante el espigado), supondría incrementos en la producción muy significativos. Para el periodo 2021-2050 los incrementos oscilarían entre el 21.5 y el 27%, y para el periodo futuro (2071-2100) los incrementos serían aún mayores, oscilando entre el 38 y el 43.5%. Para ambos periodos las comarcas en donde el efecto de las medidas de adaptación sería más favorable, son las ubicadas en el norte de la provincia de Córdoba y Jaén, mientras que los incrementos más pequeños serían en las comarcas de Antequera y las provincias de Huelva y Cádiz.

e. Mejora de la gestión y eficiencia del riego

En las zonas cerealistas de invierno andaluzas con disponibilidad de riego (aunque sea limitado) son varias las medidas de adaptación recomendadas:

- Mejora de la eficiencia de los sistemas de conducción y aplicación en parcela, reduciendo al máximo las pérdidas de agua por roturas en las tuberías/canales de distribución y mejorando la uniformidad en la aplicación del riego en parcela.

- Realización de riegos de apoyo en fases fenológicas críticas, como floración, logrando incrementar significativamente la productividad del agua con respecto a la aplicación de riego deficitario u óptimo.
- Mejora en los calendarios de riego, aplicando la cantidad de riego apropiada y/o disponible en el momento más adecuado para el cultivo, por medio de programas de asesoramiento al regante establecidos por iniciativa pública o privada.
- Seguimiento de la gestión del riego en parcela por medio de contadores individuales, para identificar prácticas de riego incorrectas e impulsar el asesoramiento específico.

f. Mejora en la gestión del suelo empleando técnicas de agricultura de conservación

Un correcto manejo del suelo, evitando un laboreo excesivo, permite conservar el contenido de agua en el suelo y limita la erosión causada por episodios de lluvias torrenciales. Estas prácticas contribuirán a incrementar la disponibilidad de agua para el cultivo y, por lo tanto, reducirán los impactos de la disminución de precipitaciones sobre la producción de trigo.

g. Empleo de cereales de invierno como alternativa a cultivos de verano

Ante el incremento del coste energético del regadío y la cada vez más limitada disponibilidad de agua, un indicador de gran importancia será la productividad del agua de riego. Así, cultivos con altas demandas de agua, al coincidir su ciclo con el periodo de máxima demanda evaporativa (verano) y limitada rentabilidad, deberán evaluar su productividad del agua de riego frente a otros cultivos con bajos requerimientos de riego. Aquí aparece el cultivo del trigo como una alternativa muy válida frente a los cultivos de verano. Con el cultivo del trigo se consiguen dos ventajas: si hay disponibilidad de riego se puede ahorrar agua para otros cultivos con mayor productividad; y se garantiza una producción no supeditada a la disponibilidad de agua para riego.

h. Promoción de los servicios de asesoramiento empleando nuevas tecnologías

La integración de diferentes medidas de adaptación incrementa la complejidad de la labor diaria en los sistemas cerealistas andaluces. Las estrategias de riego de apoyo, nuevas prácticas agrícolas como la agricultura de conservación y siembras tempranas, o el empleo de nuevas variedades están requiriendo una formación específica y dinámica para el sector agrario. De esta manera, sistemas de información geográfica, sistemas de apoyo a la toma de decisiones, redes de estaciones meteorológicas, páginas web y aplicaciones móviles con información en tiempo real, son ya algunas de las herramientas empleadas para mejorar la gestión de los cultivos en las zonas agrarias andaluzas, viéndose su desarrollo reforzado por la necesidad de soluciones ante los efectos del cambio climático.

¿Qué avances contribuirán a adaptar las zonas cerealistas andaluzas al cambio climático?

a. Avances en el empleo de sensores

Ante todos los impactos descritos relacionados con el cambio climático, es preciso incrementar la caracterización de los sistemas agrarios. Así, para mejorar la gestión de los recursos naturales disponibles, uno de los grandes retos es conocer de forma precisa el funcionamiento de los sistemas agrarios, considerando la información meteorológica, el estado hídrico y nutricional del cultivo, el estado del suelo e incluso la incidencia de plagas y enfermedades. Un avance muy significativo se realizó con el empleo de técnicas de teledetección empleando satélites como *Landsat* o *Sentinel*. El empleo de esta información, junto con el uso de modelos de simulación, ha permitido determinar el estado hídrico del cultivo y realizar estimaciones de cosecha con gran precisión. Igualmente, la nueva generación de sensores y las plataformas de acceso a la información con tecnología *FIWARE*, están dando un gran impulso al empleo de sensores en la agricultura. Gracias a estas tecnologías, el empleo de sensores será mucho más fácil, barato y eficiente, permitiendo grandes avances en la caracterización y asesoramiento al agricultor. Así, esta mejor caracterización de los sistemas agrarios andaluces tendrá importantes ventajas, convirtiéndose en una valiosa medida de adaptación frente al cambio climático.

Figura 3. Campos de ensayo de variedades de Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA) en trigo en Santaella (Córdoba)

b. Nuevas variedades menos sensibles al estrés hídrico y térmico

Los programas de mejora genética de trigo permiten la obtención de nuevas variedades mejor adaptadas para soportar estreses abióticos que se prevén en el futuro. De hecho, en los actuales programas de mejora de este cereal, tanto públicos como privados, se

trabaja para incorporar en las nuevas variedades caracteres relacionados con la estabilidad del rendimiento, la eficiencia en el uso del agua y la tolerancia a la sequía. Se trata en todo caso de un trabajo complejo que requiere de un esfuerzo a medio-largo plazo y que presenta dificultades que hacen que los avances sean lentos.

c. La biodiversidad del cultivo del trigo como herramienta para la lucha contra el cambio climático

Gracias a los esfuerzos que se están haciendo en los actuales programas de mejora, cada año se incorporan al mercado nuevas variedades de trigo, que suelen presentar mejoras respecto de las ya comercializadas. Aun así, un incremento en el número de variedades cultivadas puede tener efectos positivos frente al impacto del cambio climático. Así, el empleo de un número elevado de variedades es una potencial medida de adaptación ya que la variabilidad en las respuestas de los diferentes genotipos puede paliar los efectos negativos, como podría ser la aparición de nuevas plagas o enfermedades en los sistemas cerealistas andaluces. Así, con este incremento de la biodiversidad cultivada se aumenta la probabilidad de que en alguna de las variedades utilizadas se encuentren genes de resistencia, y por lo tanto el impacto global sea menor. Es por ello por lo que existe una constante necesidad de evaluar y caracterizar las nuevas variedades que se lanzan al mercado, para un correcto asesoramiento al sector cerealista.

Conclusiones generales

El cultivo del trigo está parcialmente aclimatado a las condiciones de escasez de lluvias y temperaturas elevadas previstas en Andalucía en los próximos años. Por este motivo, el impacto del cambio climático sobre los sistemas cerealistas andaluces no tiene por qué ser especialmente severo. Además, el cultivo del trigo cuenta con un número limitado, pero muy eficiente, de medidas de adaptación que permiten, en la gran mayoría de zonas de Andalucía, revertir completamente los efectos del cambio climático, siempre y cuando estas medidas se implanten de forma correcta.

Igualmente, para lograr una estrategia de gestión de los sistemas cerealistas andaluces que garantice la sostenibilidad de éstos, es preciso no sólo atender a los efectos del cambio climático, sino a otros factores como el incremento de los costes energéticos, la incertidumbre frente a los continuos cambios en la PAC o al incremento de la competencia de otros mercados que pueden ponerlos en riesgo. Por lo tanto, el desarrollo y evaluación de medidas de adaptación y mejora específicas para los sistemas cerealistas andaluces son imprescindibles.

Finalmente, el conocimiento del comportamiento del cultivo del trigo en condiciones de escasez está permitiendo diseñar nuevas prácticas de manejo de los cultivos que hagan de los sistemas cerealistas andaluces sistemas sostenibles en el tiempo. Así, nuevas prácticas agronómicas, como la selección correcta de la fecha de siembra, estrategias de riego de apoyo o manejo eficiente del suelo, son ya frecuentes en la agricultura andaluza, pero deberán potenciarse y mejorarse en el futuro. Igualmente, el desarrollo de innovadoras prácticas

agrícolas basadas en los avances en teledetección, modelización y en el empleo de sensores deberán ser complementadas con eficientes sistemas de asesoramiento al agricultor, que harán de los sistemas cerealistas andaluces sistemas totalmente preparados para los nuevos retos relativos al cambio global, consiguiendo sistemas totalmente sostenibles económica, social y medioambientalmente.