

# Limitaciones ambientales al cultivo del trigo duro

## Efectos de la sequía sobre el rendimiento grano de este cereal

El trigo duro (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) es un cereal que ha adquirido bastante importancia en España en los últimos años gracias al estímulo que han supuesto las ayudas procedentes de la Unión Europea para la producción. Actualmente se cultivan unas 638.000 ha en nuestro país, básicamente en Andalucía (64%), Zaragoza (22%), Badajoz (7%) y Toledo (5%).

● **CONXITA ROYO.** Dra. ingeniero agrónomo. Responsable del Programa de Mejora de Trigo Duro del IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries) de la Generalitat de Catalunya.

**E**l trigo duro es un cultivo tradicional de las zonas semiáridas de la cuenca mediterránea. Fue domesticado en el Creciente Fértil probablemente entre 10.000 y 15.000 años antes de Jesucristo. Por ello el 60% de la producción mundial se localiza en los países mediterráneos. España es el cuarto productor a nivel europeo.

Los principales problemas técnicos del cultivo de trigo duro en nuestro país son consecuencia de que el 95% de la superficie se sitúa en condiciones de secano. En muchas de las zonas de cultivo del trigo duro la pluviometría es insuficiente; en otras es más abundante, pero en todas ellas la lluvia está irregularmente distribuida a lo largo del ciclo del cultivo. Por eso la limitación más importante para alcanzar elevadas producciones es la falta de agua en algún momento del desarrollo de la planta.

Esta irregular distribución de la lluvia es la causa principal, si bien no la única, de las importantes fluctuaciones del rendimiento típicas de los secanos de la cuenca mediterránea (fig. 1). En realidad el origen de estas fluctuaciones hay que buscarlo en la interacción de una serie de "estreses" de tipo abiótico que se presentan con unas frecuencia, duración e intensidad impredecibles. Entre ellos el más importante es la sequía, pero también lo son el calor



**Daños por frío en espiga.**

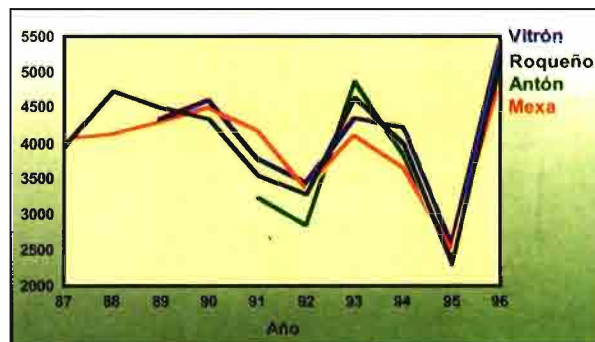
(muchas veces asociado a ella) y el frío. Tan frecuente es la asociación de la falta de agua y las altas temperaturas que hay quien define la sequía como una compleja combinación de limitaciones hídricas y térmicas que interactúan entre sí, de manera que la propia definición de sequía engloba tanto el déficit hídrico como los efectos de las altas temperaturas.

El efecto de la sequía sobre el rendimiento grano depende del momento en que ocurra, su duración, y su intensidad. Una de las formas de abordar el efecto de la sequía sobre el rendimiento consiste en fraccionar éste en sus componentes (número de plan-

tas por unidad de superficie, número de espigas por planta, número de granos por espiga y peso del grano en cada espiga) y ver cual o cuáles de ellos resultan afectados en cada momento.

### La sequía temprana

Cuando la sequía tiene lugar en las primeras fases del desarrollo de la planta (por ejemplo durante la fase de ahijamiento o de producción de tallos secundarios o hijuelos), la planta suele responder reduciendo la producción de espigas y la fertilidad de las mismas, con lo cual el número de granos producidos en cada espiga será menor. Si la sequía tiene lugar al final del ahijamiento la recuperación de la planta será más difícil y también en este



**Fig. 1.** Rendimiento medio de las variedades Mexa, Vitrón, Antón y Roqueño en los ensayos oficiales de registro del INSPV en los últimos años.

caso el número de granos por espiga se verá reducido.

### La sequía terminal

Si bien la sequía puede afectar al cultivo durante todas las fases de su ciclo, en general su aparición en nuestras condiciones es más frecuente en primavera, alrededor de la antesis o floración y durante el llenado del grano. Esta sequía se conoce como sequía terminal ya que afecta al cultivo al final de su ciclo. Cuando la planta no puede satisfacer sus necesidades hídricas alrededor de la antesis la pérdida de rendimiento será prácticamente segura, puesto que se reducirá enormemente el número y la fertilidad de las espiguillas.

El período de maduración de los cereales suele dividirse en dos fases: la de crecimiento del grano, que comprende desde la fecundación hasta unos 20 días después de la misma, y la de llenado, que empieza entre 10 y 15 días después de la antesis y ocupa los últimos 20 a 30 días, hasta que el grano empieza a secarse.

El crecimiento y llenado del grano pueden dividirse en dos componentes: la tasa de llenado y la duración del mismo. Se entiende por tasa de llenado la cantidad de asimilados (básicamente almidón y también proteína) que se depositan en el grano por unidad de tiempo, mientras que la duración del llenado es el tiempo que transcurre desde la antesis hasta que el grano ha completado su formación.

El peso final del grano podría obtenerse multiplicando la tasa de llenado por la duración del mismo, por lo que para un buen rendimiento interesa que ambos componentes tengan valores suficientemente altos. Tanto la tasa de llenado del grano como su duración dependen de la variedad de que se trate, pero están muy afectadas por las condiciones ambientales. Así, cuando se dan condiciones climáticas adversas, como las características de la época de llenado del grano, con temperaturas a menudo por encima de los 30°C, una baja humedad relativa y poca disponibilidad de agua en el suelo, la planta reacciona reduciendo drásticamente la duración del llenado. Por ejemplo, en trigo harinero se ha comprobado que por cada °C de aumento de la temperatura media diaria durante el llenado del grano, este se reduce alrededor de 3 días. Lo que ocurre en este caso es que las elevadas temperaturas aceleran la velocidad de crecimiento del grano, pero esta reducción en la duración del llenado no es compensada por un incremento en la tasa de llenado, por lo que los granos suelen ser más pequeños en ambientes mediterráneos que en otros más frescos. Se ha demostrado en trigo harinero que por



Espiga de trigo duro en análisis.

cada °C de aumento de la temperatura media diaria durante la fase de llenado del grano el peso de cada grano disminuye entre 1,5 y 2,8 mg.

Una de las estrategias que utilizan las plantas para adaptarse a la sequía es el escape, que consiste en que el ciclo de la planta se adapta al período en el que no hay estrés, normalmente mediante un acortamiento de su ciclo y, por lo tanto, mayor precocidad. Un estudio acerca de la adaptación del trigo duro a latitudes comprendidas entre 28° N y 48° N ha demostrado que en

latitudes altas (como la del Valle del Ebro y superiores), la fecha de espigado no influye mucho sobre el rendimiento. Sin embargo, en latitudes menores (como las de Andalucía), hay una relación inversa entre la fecha de espigado y el rendimiento grano, de manera que cada día de retraso en la fecha de espigado el rendimiento se reduce entre 40 y 160 kg/ha. La precocidad ha sido hasta ahora el mecanismo más utilizado para evitar los efectos negativos de la sequía y el calor sobre el llenado del grano al final del ciclo del cultivo. Sin embargo esta estrategia está penalizada con una reducción de la productividad, un mayor riesgo de heladas tardías y la reducción del desarrollo radicular entre otros efectos.

Un aspecto importante a tener en cuen-

ta para comprender mejor el efecto de la sequía durante el crecimiento y el llenado del grano de trigo duro es el origen de los asimilados que se acumulan en el grano durante esta última fase.

El grano de los cereales se llena a partir de varias "fuentes". Una de ellas es la fotosíntesis que tiene lugar tanto en las hojas (normalmente sólo las superiores, ya que el resto suelen estar ya secas en estas últimas fases del desarrollo de la planta) como en las espigas. Otra de las fuentes procede de la movilización de asimilados que se han acumulado antes de la floración en otras partes de la planta y que al ser demandados por el grano para su llenado son translocados desde las zonas de acumulación hasta la espiga. Estas reservas proceden en su mayor parte del tallo y generalmente del último entrenudo del mismo y de la vaina de la hoja bandera que lo envuelve. La importancia relativa de cada una de estas dos fuentes (fotosíntesis y translocación) sobre el llenado del grano depende en gran medida de las condiciones ambientales. Así, cuando la planta encuentra agua suficiente en el suelo y, por lo tanto, no padece déficit hídrico, la fotosíntesis adquiere gran importancia como fuente de asimilados para el grano. En estas condiciones la planta está preparada para fabricar en ese momento los asimilados que llenarán el grano. En estos casos la

contribución relativa de la fotosíntesis de la espiga al peso final del grano puede ser muy importante, llegando a alcanzar hasta el 76% del peso final del mismo.

Sin embargo, en condiciones de estrés hídrico

terminal la removilización de asimilados producidos antes de la antesis adquiere mayor importancia y su contribución al llenado del grano puede oscilar entre el 70 y el 95% de su peso, dependiendo del nivel de sequía alcanzado.

### Intensidad de la sequía

Si bien, como hemos visto, el momento de ocurrencia de la sequía tiene una importancia crucial para determinar sus posibles efectos sobre el rendimiento, la intensidad de la misma es un aspecto a tener también en cuenta. Así, cuando el cultivo de trigo duro padece una fuerte sequía durante todo su ciclo, ocurre una disminución de la fertilidad de las espigas, con lo



Trigo duro variedad Simeto en regadío.

que se reduce el número de granos producidos por la planta. Sin embargo, si la sequía es moderada puede provocar sólo una reducción del peso medio del grano sin que se llegue a reducir el número de granos por espiga.

## Ideotipo de trigo duro para el ambiente mediterráneo

Generalmente, los mejoradores de plantas tienen en la mente un tipo de planta ideal que reúne todas las características que les parecen adecuadas para alcanzar la máxima producción. Este es el concepto de ideotipo, que fue introducido por Donald al final de la década de los 60.

Algunos autores han tratado de objetivar esa imagen definiendo algunas de esas características deseables. Por ejemplo, un embrión de gran tamaño o una plántula con mucha superficie foliar al inicio de su desarrollo parecen ser características aceptadas como favorables, ya que van ligadas a plantas que desarrollan más rápidamente su dosel foliar y son capaces de interceptar la luz del sol de forma más eficiente que otros trigos. Sin embargo, hay algunas de estas características que suscitan controversia, pues los autores no llegan a ponerse de acuerdo sobre su utilidad. Una es la capacidad de ahijamiento, es decir, la capacidad de la planta para emitir tallos hijuelos y aumentar así el número de espigas por unidad de superficie.

Algunos autores consideran adecuado que la planta emita pocos tallos hijuelos argumentando que de esta forma la planta utiliza el agua de forma más eficiente. Otros, por el contrario, consideran que la capacidad de ahijamiento es una característica muy ventajosa para la planta, puesto que le da cierta plasticidad y le permite compensar fallos de siembra o la muerte de plántulas durante el invierno.

También es controvertido el tema de la adecuada duración del llenado, que se ha abordado anteriormente. Algunos autores consideran que una duración corta del llenado da ciertas ventajas en ambientes secos donde el periodo de llenado es corto y las temperaturas altas durante el mismo. Otros, por el contrario, consideran que un periodo de llenado largo unido a un elevado número de granos por espiga son características deseables en variedades adecuadas para zonas con limitaciones hídricas.

El hecho de que la sequía du-



Trigo duro variedad Simeto en seco.

rante el llenado del grano, sobre todo si, como es habitual, va acompañada de altas temperaturas, acelere la muerte de las hojas, limitando así su capacidad fotosintética, ha hecho pensar que las variedades capaces de mantener sus hojas verdes durante más tiempo, es decir, de evitar una senescencia precoz, toleran mejor la sequía.

Existe también la creencia (demostrada científicamente en el caso de la cebada, pero no en el del trigo duro) de que las plantas con hojas de color verde claro son más resistentes a la sequía que las plantas con hojas de color verde más oscuro.

## Efecto del ambiente sobre la calidad del trigo duro

Si bien la calidad del trigo duro que se obtiene en España es en general buena, las adversas condiciones ambientales pueden empeorarla considerablemente algunas campañas. La **fig. 2** muestra la evolución a lo largo de los últimos años de algunas va-

riables de calidad de tres variedades de trigo duro cultivadas en España. En 1996, año de muy buenas producciones, el peso de mil granos fue excepcionalmente alto comparado con la media de los últimos 4 años, pero, debido a ello, el contenido de proteína fue anormalmente bajo. En 1992 el peso específico del grano, la vitrosidad y el índice de caída de Hagberg fueron inusualmente bajos debido, con toda probabilidad, a la intensa sequía durante el invierno y parte de la primavera y las lluvias tardías que cayeron al final del ciclo.

Se han hecho diversos estudios sobre el efecto de las elevadas temperaturas y el déficit hídrico durante el llenado del grano, sobre la deposición de proteína y de almidón en el mismo. Las temperaturas superiores a 30°C durante el llenado del grano pueden originar una parada prematura de la deposición de almidón en el endospermo, incluso en ausencia de déficit hídrico. Por el contrario, la deposición de proteína no se ve afectada por las altas temperaturas, por lo que éstas pueden conducir a que el grano tenga un mayor porcentaje de proteína.

La respuesta del grano al estrés hídrico durante el llenado es similar a la respuesta a las altas temperaturas; la deposición de almidón es mucho más afectada que la deposición de proteína. En el campo ambos fenómenos no siempre aparecen simultáneamente. La tasa de deposición de proteína puede alcanzar un máximo antes que

la de almidón y declinar también antes que ésta. Ello puede explicar que se obtengan mayores porcentajes de proteína cuando las condiciones del cultivo acortan la duración del llenado. En 1995, uno de los años más secos del siglo, el contenido de proteína de los trigos fue excepcionalmente alto, probablemente por ese motivo.

En un estudio llevado a cabo en nuestro país se ha comprobado que tanto el peso específico del grano (kg/hl) como el contenido de proteína resultan muy afectados por el ambiente. Por el contrario, otras características como, por ejemplo, la fuerza del gluten medida mediante el test de sedimentación (SDS) y el contenido de pigmentos tienen una fuerte componente genética. La vitrosidad del grano está también afectada por el ambiente, pero puede mejorarse substancialmente con un manejo agronómico adecuado y el control de la fertilización. ■

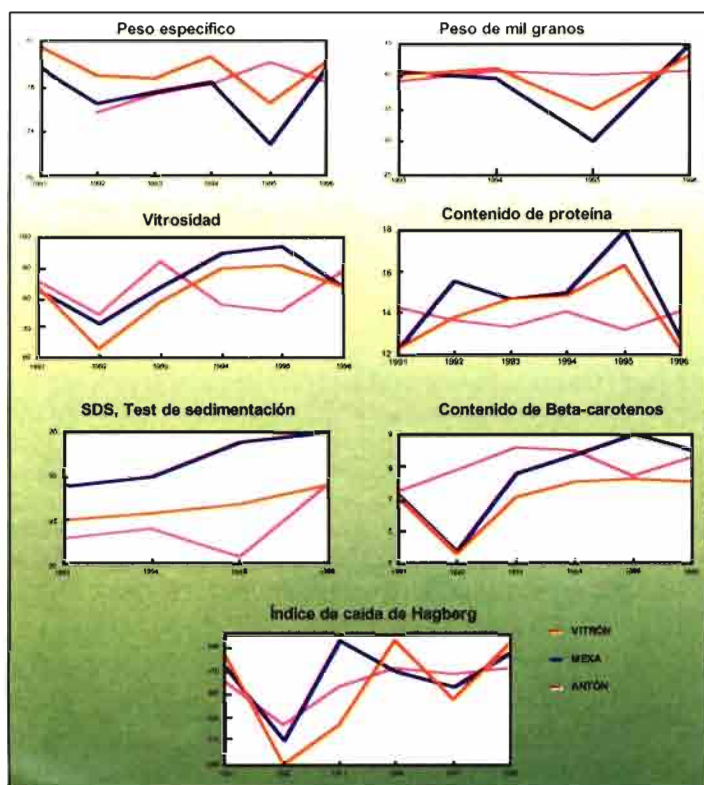


Fig. 2. Evolución de diferentes características de calidad en los trigos Vitrón, Mexa y Antón cultivados en España en las últimas campañas.