

ESTA ENFERMEDAD SE HA CONSTITUIDO EN UNA PREOCUPACIÓN MUY IMPORTANTE PARA MUCHOS AGRICULTORES

# La roya amarilla de los trigos, un problema emergente

La roya amarilla del trigo es una enfermedad que hasta ahora ha sido poco frecuente en España, si bien se ha detectado y es conocida desde hace tiempo en determinadas zonas de nuestra geografía. Sin embargo, desde hace dos campañas esta enfermedad se ha hecho presente en una gran parte de las zonas cerealistas, sobre todo la última campaña, en la que se han registrado epidemias importantes en Castilla-La Mancha, Andalucía y Cataluña. Ya en la campaña 2011-2012 se registraron ataques de elevada intensidad en la zona de cultivo de Navarra, lo cual constituyó un preaviso de lo que podría ocurrir durante 2012-2013 con la concurrencia de condiciones climáticas favorables.

Jaume Almacellas Gort<sup>1</sup>,  
Antonio López Querol<sup>2</sup>,  
Fanny Álvaro Sánchez<sup>2</sup>,  
Joan Serra Gironella<sup>2</sup>,  
Gemma Capellades Pericas<sup>2</sup>  
y Juan Pedro Marín Sánchez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Servicio de Sanidad Vegetal. DAAM – Generalitat de Catalunya.

<sup>2</sup> Institut de Recerca i Tecnologia Alimentàries (IRTA).

<sup>3</sup> Universidad de Lleida.

Aunque no frecuente, esta enfermedad no es desconocida en nuestra geografía. Tenemos pocos registros de datos sobre episodios epidémicos durante estos últimos años, aunque podemos recurrir a los registros e incidencias de la red estatal Genvce (Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España) que se han publicado desde el año 2000 hasta el presente. Esta red establece cada año ensayos agronómicos por toda la geografía española registrando, además, datos de intensidad de las diferentes enfermedades que se detecten, también pues de roya amarilla. Con estos datos en la mano podemos afirmar que durante los últimos catorce años se ha detectado roya amarilla en siete de ellos, en el año 2004, los años 2006-2009, el año 2011 y el año 2013. Los ataques registrados han sido moderados o de baja intensidad en general, y sola-

mente alguna o algunas variedades en algún ensayo habían tenido infecciones medianas o severas de roya amarilla, con excepción del año 2004, durante el cual se registró un ataque importante en Andalucía y la Cataluña litoral, el 2007 en Andalucía y, por supuesto, durante el ciclo de cultivo 2012-2013, en que los ataques han sido muy importantes y generalizados.

La situación de campo, durante la recién finalizada campaña 2012-2013, ha sido un reflejo de los ensayos de Genvce. La roya amarilla del trigo se ha convertido en un problema generalizado y ha constituido una preocupación muy importante por la intensidad de sus síntomas y por las pérdidas de cosecha que ha provocado a muchos productores. En algunos casos concretos, incluso, se ha producido una cierta alarma social que han puesto de manifiesto las organizaciones profesionales de productores.

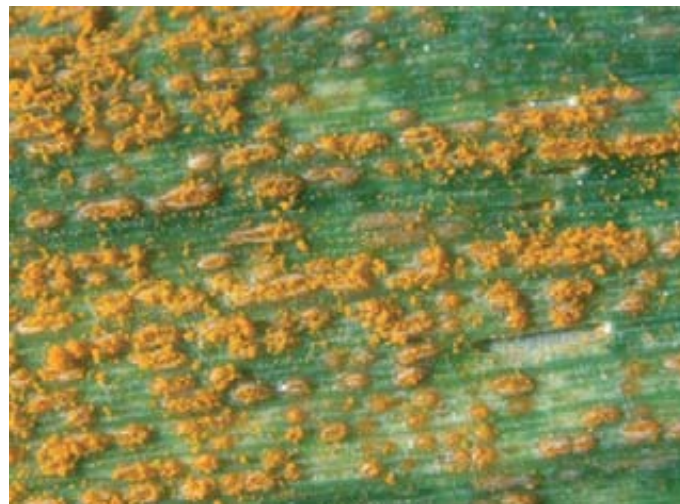
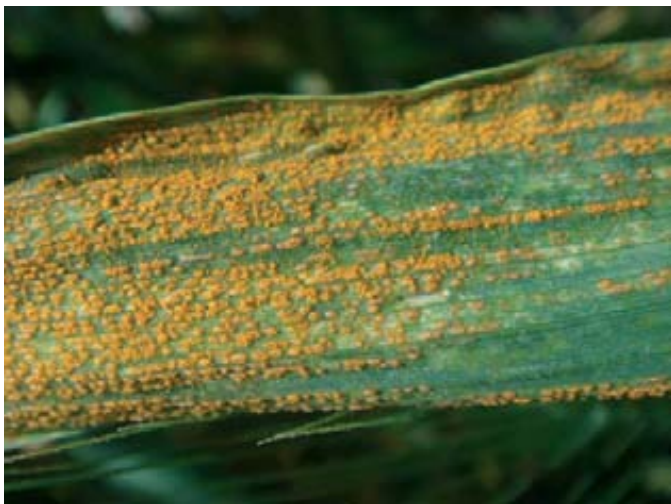
Aunque han sido sobre todo los factores cli-



Fotos 1 y 2. Focos iniciales de roya amarilla en una parcela de trigo. Fotos: A. López Querol



Fotos 3 y 4. Síntomas iniciales de roya amarilla en hoja, con una severidad baja. Fotos: J. Almacellas.



Fotos 5 y 6. Ampliación del aspecto de las pústulas de roya amarilla. Fotos: J. Almacellas.

máticos los que durante la última campaña cerealista han condicionado la aparición de epidemias severas de ciertas enfermedades, los cambios detectados en el comportamiento de algunas variedades frente a roya amarilla hacen sospechar de una nueva situación de comportamiento varietal ante este patógeno. Los expertos y los técnicos han empezado a cuestionarse si se puede haber producido una modificación de los equilibrios población de patógeno vs. población de huésped que teníamos hasta ahora, en el que las variedades que se han ido cultivando se mostraban resistentes a la enfermedad. Estos cambios aparentes en el comportamiento, ponen de manifiesto la necesidad de un mayor conocimiento de la enfermedad y de su funcionamiento por parte de los agricultores, de los

técnicos cerealistas y de los investigadores. Así pues, este artículo pretende muy modestamente poner un eslabón a la cadena para la difusión del conocimiento que tenemos sobre la enfermedad.

## Síntomas de la roya amarilla

Los síntomas iniciales de roya amarilla en el cultivo no son generales en todas las plantas de la parcela. Se suelen detectar tempranamente determinados focos a partir de los cuales se dispersa la enfermedad por el resto de la parcela (**fotos 1 y 2**). Estos focos y los síntomas iniciales en hoja, de poca severidad (**fotos 3 y 4**), son los indicios que hemos de buscar para anti-

parnos a la enfermedad y llegar a tiempo para la aplicación de tratamientos fungicidas, cuando éstos sean necesarios.

Los síntomas típicos de roya amarilla son unas pústulas alargadas (ovaladas), de 0,5 a 1 mm de longitud, que rompen la cutícula de la hoja para desprender esporas y propagar así la enfermedad (**fotos 5 y 6**). Estas pústulas son los llamados uredosoros y sus esporas, las uredosporas, tienen un color amarillo o anaranjado, según su edad, las condiciones ambientales y la variedad afectada. Las pústulas jóvenes tienen un color más vivo que se pone mejor de manifiesto a primera hora de la mañana. Éstas se disponen normalmente alineadas entre los nervios, formando una sucesión lineal muy característica para su identificación visual. Esta disposi-





**Fotos 7 y 8.** Ataques importantes de roya amarilla en hoja, con severidades muy elevadas (izquierda) y secado final por una afectación muy alta (derecha). Fotos: J. Almacellas y A. Arcaya.



**Foto 9.** Como en el caso de otras royas de cereal, la roya amarilla no llega tampoco en la práctica a cubrir toda la hoja antes de secarla totalmente. Foto: J.M. Llenes.

ción lineal de la esporulación es quizás el rasgo más característico de esta roya respecto al resto, porque en la roya parda y la roya negra no se manifiesta tan marcadamente. En todo caso se observarán líneas cloróticas a lo largo de las hojas, de diversas longitudes y tamaños, que pueden ser de varios centímetros, con una esporulación que dejará los dedos impregnados de un amarillo intenso y característico cuando los pasamos por encima del haz de la hoja.

Después de los primeros ataques en rodales, si las condiciones son favorables, la enfermedad se extenderá hacia el resto de la parcela y enseguida detectaremos severidades mucho más elevadas (**foto 7**). Tanto las hojas basales como las superiores estarán afectadas por roya y empezaremos a detectar un secado rápido de los tejidos foliares, primero de una parte de la hoja y después de la hoja entera (**foto 8**). No es necesario que el hongo cubra toda

la hoja (**foto 9**) para secarla completamente. De hecho podremos detectar severidades altas, pero no al 100%, antes de producirse la muerte de la hoja.

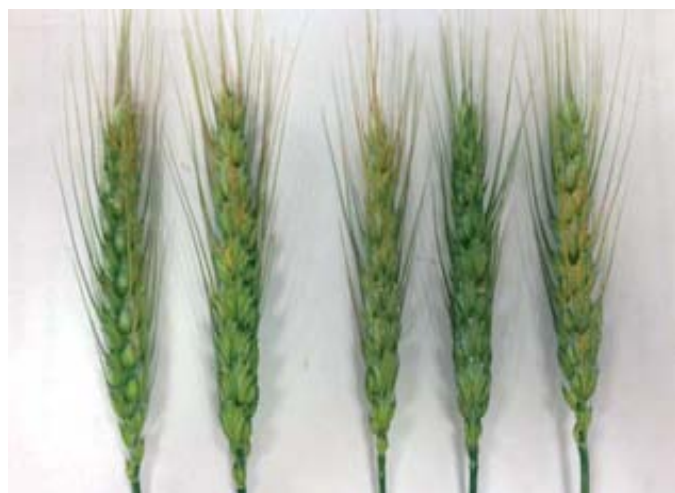
A medida que las temperaturas aumentan, el aspecto de la enfermedad en hoja cambia, presentándose unas puntuaciones de color oscuro o negro (**foto 10**), que constituyen los teliosoros, muestra de la maduración de la roya hacia una fase de supervivencia, dadas las condiciones más limitantes al desarrollo de la especie. Estas pústulas negras son también una herramienta de diagnóstico característico de la roya amarilla y constituyen la evolución del hongo hacia su fase sexual en que se producirá una recombinación de genes y por ello una mayor capacidad de adaptación a las variedades.

El resultado final de una afectación importante, de intensidad elevada, será el secado y muerte prematura de la planta y, por tanto, del cultivo. Este hecho repercutirá de forma decisiva en una disminución más o menos importante de la cosecha del cereal.

Si bien la roya está sobre todo presente en las partes foliares de la planta, también la podemos observar más esporádicamente infectando las vainas y las espigas (**foto 11**). En casos de infecciones de elevada intensidad, el hongo se puede extender por las cubiertas del grano provocando un color diferente de la espiguilla, que



**Foto 10.** Aspecto de una infección madura de roya amarilla, con aparición de la fase de supervivencia (pústulas de color negro o teliosoros). Foto: J. Almacellas.



Fotos 11 y 12. Ataque de roya amarilla en espiga de trigo (izquierda), donde se puede ver el color diferente, más claro, de las espiguillas atacadas. A la derecha un detalle de las espiguillas recubiertas de uredosporas. Fotos: A. Arcaya.

se mostrará muy evidente porque quedará recubierta de esporas (uredosporas) (foto 12).

## Condiciones de desarrollo de la enfermedad

El hongo que causa la roya amarilla pertenece al orden Uredinales, de la clase de los Basidiomicetos y se denomina *Puccinia striiformis* Westend, que es el estado de la fase perfecta o sexual. La forma especial que solamente se da en el cultivo del trigo y triticale se denomina *P. striiformis* f. sp. *tritici*. La fase imperfecta o asexual recibe el nombre de *Uredo glumarum* J.C. Schmidt.

Este hongo tiene la característica de especializarse para cada especie vegetal que infecta, de forma que en *Dactylis glomerata* recibe el nombre de var. *dactylidis* Manners, por ejemplo. Otras especializaciones reciben el nombre de formas especiales, como las f. sp. *agropyri*, *hordei*, *secalis* y *tritici*, que infectan respectivamente el agropiro, la cebada, el centeno y el trigo. A su vez, es también un hongo muy especializado dentro de la misma especie vegetal huésped, formando grupos que se denominan razas, las cuales pueden infectar unas variedades respecto a otras. Cada raza supone una combinación de un conjunto de genes de virulencia en una subpoblación de la roya que se comporta de una determinada manera al infectar una determinada variedad. En el caso del trigo se han encontrado numerosas razas del hongo, ya que cada nuevo estudio realizado caracteriza nuevas

razas que suponen nuevas combinaciones de genes de virulencia. Por ejemplo, una publicación de X. M. Chen, del año 2005, cita 109 razas detectadas en Estados Unidos hasta aquella fecha. En la misma publicación se citan 78 genes de virulencia distintos capaces de infectar las variedades de trigo. Estos datos nos muestran la complejidad de comportamiento que puede tener la roya amarilla frente al cultivo del trigo y por ello también la posible dificultad de manejo para la obtención de variedades resistentes a la enfermedad, aunque cabe decir que es una de las enfermedades mejor estudiadas en el mundo, lo cual ha aportado notables éxitos en el control.

Las royas en general y especialmente la roya amarilla, son enfermedades muy agresivas si las condiciones son favorables y la variedad se muestra susceptible en ese momento, teniendo en cuenta que el concepto de susceptibilidad es dinámico y puede variar con el tiempo. En po-

cos días puede producirse una epidemia muy importante desde una intensidad de enfermedad muy baja. De las tres royas que afectan el trigo, la roya amarilla es la más adaptada a temperaturas moderadas o bajas, por lo que será la primera en aparecer en campo en primavera. Existen diferencias muy significativas para la infección y el desarrollo según el tipo de roya de que se trate (cuadro I).

El ciclo de las royas es de los más complejos que se conocen. Son parásitos obligados, lo que significa que solamente viven en tejido vegetal vivo, y mueren cuando muere la planta que infectan. Tienen fases de desarrollo diferentes en verano y en invierno y, además, necesitan un huésped alternativo para completar su ciclo. El ciclo de la roya amarilla ha sido parcialmente desconocido hasta muy recientemente, ya que no se conocía su huésped alternativo, es decir, dónde se podía refugiar para completar su desarrollo cuando no infecta el trigo. En el año 2010, se descubrió que este huésped alternativo podían ser especies del género *Berberis* sp. (Agracejo). Así pues, el patógeno pasa la primavera y el verano en su forma asexual, la que conocemos habitualmente como roya amarilla típica que coloniza el trigo, formando primero los uredosoros, las pústulas amarillas alineadas, y después los teliosoros, que son los puntos negros que vemos en las hojas hacia el final del cultivo. En *Berberis* desarrollaría a continuación su fase sexual, que se produciría durante el otoño y el invierno. Aparte de colonizar *Berberis*, el hongo, durante el otoño, suele colonizar de nuevo el cultivo de trigo recién sembrado, los ricios o bien otras gramí-

### CUADRO I.

Condiciones óptimas para la infección según el tipo de roya considerada.  
Fuente: Beard C *et al.* 2005. *Managing stripe rust and leaf rust*. Farmnote.

Tipo de roya	Latencia <sup>(1)</sup> (días)	Temperatura óptima (°C)
Roya del tallo	7-10	18-30
Roya amarilla	10-14	7-15
Roya parda	7-10	10-20

<sup>(1)</sup> La latencia es el tiempo que el hongo necesita para infectar y generar nuevas esporas.



neas espontáneas, pasando el invierno en los tejidos vegetales mientras la planta permanece viva. Durante el invierno, el hongo puede morir si las temperaturas son inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$ , lo cual proporciona una idea de por qué no solemos tener epidemias graves la mayor parte de los años en España, ya que las temperaturas en esta estación acostumbran a ser inferiores en la mayor parte de las zonas de cultivo de trigo, a excepción de algunas zonas del sur del país y de zonas litorales en las que se pueda también dar el cultivo. Durante la primavera, con presencia de lluvias intermitentes, de mucha humedad y de temperaturas entre  $10$  y  $15^{\circ}\text{C}$ , se iniciará la liberación de las uredosporas desde los ricios a otros huéspedes, y comenzarán los ciclos infecciosos en el trigo de forma ininterrumpida mientras se den condiciones favorables. Esta es la fase más agresiva del patógeno ya que si la infección es grave puede acabar secando la planta y producir la muerte precoz del cultivo.

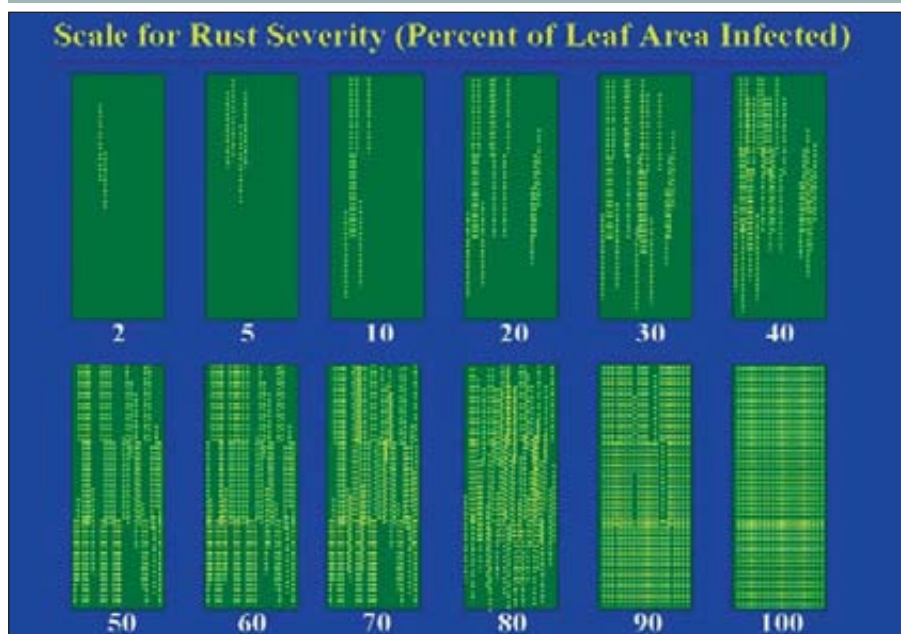
Las pérdidas finales que provoca la enfermedad son debidas principalmente al descenso de la producción causado por la reducción del número de granos por espiga, el descenso del peso específico y una menor calidad del grano. En situaciones extremas de epidemias muy severas, las pérdidas de producción pueden ser prácticamente del 100% de la cosecha, tal como se detectó en los ensayos de recomendación varietal del IRTA (Genvec), en 1997, en Mas Badia (Gerona, Cataluña).

Como se ha comentado, es habitual que la enfermedad se inicie en las parcelas a partir de focos iniciales que dispersarán la roya hacia el resto del cultivo. Por encima de los  $15^{\circ}\text{C}$  las esporas (uredosporas) empiezan a perder su viabilidad y por encima de los  $20^{\circ}\text{C}$  se inhibe claramente la enfermedad. A partir de los  $25^{\circ}\text{C}$  el proceso de infección suele detenerse. A pesar del rango de temperaturas óptimas mencionado, se ha de tener en cuenta que las esporas de roya amarilla son capaces de germinar e infectar en un rango de temperatura más amplio, entre  $0$  y  $21^{\circ}\text{C}$ .

Para poder valorar los umbrales de intervención, deberemos efectuar una evaluación de la enfermedad en nuestra parcela, observando la intensidad de los síntomas en hoja (severidad o % de superficie foliar afectada) que sean representativos de todo el cultivo en la parcela. Evaluaremos la enfermedad según el porcentaje de hoja ocupada por los síntomas visibles, ya que una parte de la infección no se muestra visible.

**FIGURA 1.**

**Escala de evaluación de la severidad de la roya amarilla según porcentaje de enfermedad estimado en hoja.** Fuente: Washington State University (<http://striperustalert.wsu.edu/>).



A modo orientativo, presentamos una escala (**figura 1**) que nos puede ayudar en la evaluación.

## Aparición de una nueva raza

Hasta ahora, la utilización de variedades resistentes ha sido una de las mejores medidas para combatir la roya amarilla en muchos países. De hecho, una de las razones por las que no ha habido epidemias severas de roya amarilla durante estos últimos años en España es porque la mayor parte de las variedades cultivadas llevaba incorporados genes de resistencia efectivos contra las razas predominantes del hongo. Así pues, la mejora genética conseguida incorporando estos genes ha sido una medida muy efectiva hasta ahora.

Sin embargo, la resistencia que permaneció efectiva en Europa durante años, empezó a romperse durante 2009 y 2010 en algunas áreas como los países escandinavos y Alemania, generando pérdidas muy importantes. En 2011 el fenómeno se extendió al Reino Unido, primero, y a Francia y el norte de España, después. En 2012 la enfermedad continuó su expansión en estos países. Este fenómeno se ha atribuido a la apa-

rición de una nueva raza denominada Warrior/Ambition, porque es capaz de infectar las variedades británica y danesa, respectivamente, con este nombre. A esta raza se le atribuye un origen asiático y probablemente habría llegado a Europa a través del comercio. Las variedades Warrior y Ambition tienen el gen *Yr17*, hasta ahora muy efectivo, puesto que las hacía resistentes a los ataques de este hongo, pero la introducción de poblaciones muy diferentes de roya procedentes de zonas lejanas ha hecho que éstas y otras variedades que contienen el gen *Yr17* se hayan convertido en completamente susceptibles y puedan ser severamente atacadas. Además del gen 17, la raza Warrior/Ambition tiene los genes de virulencia 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 25, 32, *sd* y *sp*, lo cual le confiere un espectro muy amplio para poder atacar muchas variedades diferentes de trigo.

La situación respecto a la posible rotura de la resistencia es también probable, ya que en Cataluña y Navarra se han encontrado síntomas de infección en variedades como Nogal y Berdun que deberían mostrarse resistentes a las razas autóctonas habituales. Sin embargo es necesario confirmar esta hipótesis mediante análisis específicos. La presencia de la raza

**CUADRO II.**

Potencial de pérdidas que provocan la roya parda y la roya amarilla según la reacción de las variedades frente a la enfermedad. Fuente: Beard C *et al.* 2005.

*Managing stripe rust and leaf rust.* Farmnote.

Reacción de la variedad	Definición del tipo de epidemia	Potencial de pérdidas (%)	
		Roya parda	Roya amarilla
Muy susceptible	Epidemias tempranas y severas	40	80
Susceptible	Epidemias severas	30	60
Moderadamente susceptible	Epidemias más lentas	20	40
Intermedia	Resistencia parcial. Las pérdidas dependen de la intensidad de enfermedad	15	30
Moderadamente resistente	Resistencia parcial alta	5	15
Resistente	Resistencia altamente efectiva	<5	5
Muy resistente	Resistencia completa	0	0

Warrior/Ambition ha sido confirmada por parte del INTIA de Navarra según muestras analizadas por el INRA de Versalles (Francia). Asimismo, investigadores del Programa de Cultivos Extensivos del IRTA de Lleida están trabajando en la identificación de las razas que han afectado algunos campos de trigo de Cataluña durante esta campaña. De momento, lo que sí se puede afirmar es que las condiciones climáticas de 2013, con una primavera de condiciones frías y lluviosas de manera persistente, han sido muy favorables a la enfermedad y que es posible y muy probable que la raza Warrior/Ambition se haya establecido en estas zonas.

## Importancia de la enfermedad

El hongo causante de la roya amarilla puede aparecer por todas las áreas productoras de cereal del mundo donde existen huéspedes susceptibles, cultivados o espontáneos. El principal huésped y en el cual la enfermedad tiene más importancia es el trigo. Otros huéspedes son la cebada, el centeno, el triticale y muchas otras gramíneas cultivadas o silvestres. Entre las royas que afectan a los cereales, ésta es la más agresiva, es decir, la que puede provocar mayores pérdidas de cosecha con la misma intensidad de los síntomas. Hay estudios que atribuyen a la roya amarilla el doble de agresividad y pérdidas que las que provoca la roya parda. Este hecho se refleja en los datos aportados en el **cuadro II**. De aquí la importancia de la detección precoz (**foto 13**) y la necesidad de conocer el manejo adecuado de la enfermedad.

Como se ha mencionado anteriormente, el huésped principal de la roya amarilla es el trigo,

particularmente en las regiones templadas del mundo que sean a su vez húmedas y frescas. En las zonas de clima semiárido, como son la mayor parte de nuestras zonas productoras, solamente las variedades con un comportamiento más susceptible a la enfermedad pueden ser afectadas significativamente durante los períodos húmedos en primavera.

Esta enfermedad puede afectar de manera importante tanto a variedades de trigo de invierno como de primavera. Económicamente supone una preocupación para los agricultores ya que causa daños importantes en muchos países



**Foto 13.** Aspecto de la hoja de trigo en los primeros días de manifestación de la infección. Foto: A. López Querol.

de Europa, Rusia y los Estados Unidos. En estos países o zonas, son frecuentes pérdidas entre el 5 y el 10%, y se cita que pueden alcanzar el 40 y 50% de la cosecha en años de clima favorable y en variedades susceptibles.

En estos últimos años se han producido epidemias muy importantes de roya amarilla en el noroeste de Europa debidas al cultivo de variedades que han perdido su resistencia a causa de los cambios en la dinámica poblacional del hongo, variando las proporciones relativas de los genes de virulencia y apareciendo, por ello, nuevas razas. Es un fenómeno que se ha extendido por el resto del continente, en dirección hacia Europa central y del sur. En 2012 se detectaron epidemias muy importantes en Navarra, lo que hizo suponer que se podría extender rápidamente hacia otras zonas productoras españolas.

En España la roya amarilla ha sido hasta ahora una enfermedad que no ha provocado sistemáticamente pérdidas de importancia. Solamente en las comarcas litorales de Cataluña, en la provincia de Girona y en los regadíos de la provincia de Lleida se han registrado epidemias de cierta importancia en algunas parcelas y años, así como en algunas zonas productoras andaluzas como la Vega de Jerez en la provincia de Cádiz, y en Sevilla y Córdoba. Este hecho también depende de cómo reacciona la variedad frente a la enfermedad, ya que ocasionalmente se han detectado episodios epidémicos debidos a la introducción de alguna variedad especialmente susceptible, como es el caso de la variedad Victo, que se mostró muy susceptible durante los años 1997 y 1998. Estos episodios coincidieron con procesos epidémicos importantes en la misma variedad en el sur de Francia.

## Control de la enfermedad

El control de las enfermedades en general y de la roya amarilla en particular debe abordarse desde la perspectiva del control integrado de plagas y enfermedades, lo cual significa priorizar toda clase de medidas preventivas y de control por delante de los tratamientos fungicidas. El manejo o control integrado es actualmente obligatorio en España ya que está regulado por normativa europea y española. También existen en algunas comunidades autónomas, normativas de producción integrada para cereales de invierno que proporcionan una buena guía para saber cómo gestionar el

cultivo desde el punto de vista de la Gestión Integrada de Plagas (GIP) hasta que no se disponga de las correspondientes Guías de Cultivo en GIP obligadas por normativa y que deben ser publicadas por el Magrama a partir del 1 de enero de 2014, si no antes.

Las medidas más importantes para el control de enfermedades, y también de la roya amarilla, las englobamos en tres bloques o tipos de estrategias:

a) Estrategias basadas en operaciones en el cultivo, como el abonado, la fecha de siembra, etc. Las denominamos, en conjunto, medidas culturales.

b) Actuaciones basadas en el uso de la diferente capacidad de resistencia de las variedades en oponerse a la infección.

c) Medidas que utilizan las aplicaciones de productos fungicidas para el control de la enfermedad.

### Medidas culturales

Estas medidas son poco eficientes para evitar epidemias de roya amarilla en nuestras zonas

y condiciones. Por ejemplo, es un hongo que no infecta la semilla. Puede haber sin embargo infecciones de esporas (uredosporas) que se mezclen con ésta. Parte de las esporas que infectan la semilla se pueden perder en los procesos de manejo y otra parte puede perder fácilmente su viabilidad en este camino. Por estas razones, la cantidad de inóculo que se puede evitar con el tratamiento de la semilla de siembra es muy baja. De todas formas, el tratamiento de la semilla de siembra es una medida que se recomienda para variedades de comportamiento moderadamente susceptible o susceptible en zonas o países que pueden tener problemas graves de la enfermedad, con el objetivo de evitar una vía más de entrada.

La roya amarilla no es un hongo capaz de sobrevivir en los residuos de la cosecha anterior, ya que, como hemos mencionado, es un organismo biótrofo obligado y necesita siempre de tejido vegetal vivo. Según esto, la gestión de los restos de la cosecha anterior, en el caso de los rastrojos o de los restos de la paja, no tendrá una contribución importante en la generación de

las epidemias en la parcela. La gestión de los diferentes sistemas de manejo del suelo (tradicional, mínimo laboreo, siembra directa) no ha de suponer ninguna diferencia en la posibilidad de infecciones por esta enfermedad, si se hace correctamente.

Una medida propuesta en otros países donde la enfermedad es importante, es procurar la rotura del ciclo del hongo. En este sentido se suele recomendar evitar el solapamiento entre los cultivos no cosechados y la nueva siembra de cereal, pero esta es una práctica poco habitual en nuestro país debido a nuestras condiciones climáticas. Esta medida es más recomendable en otras latitudes como los países del centro y norte de Europa. Sin embargo, en las zonas de secanos frescos, donde la maduración del cultivo del trigo es más tardía, sería interesante tener en cuenta estas recomendaciones, que van asociadas al hecho de evitar las siembras tempranas y a la eliminación del posible rebrote mediante labores de enterrado en el terreno.

Respecto al manejo de la fertilización del

UREATEC®  
Powered by AGROTAIN 46

EXCELENTE  
PRODUCCIÓN,  
GASTANDO  
MENOS

UREATEC46 LA INVERSIÓN INTELIGENTE



**CUADRO III.**

Productos fungicidas autorizados <sup>(1)</sup> en España para el control de roya amarilla (royas en general según el Registro FITO <sup>(2)</sup>) en cereales de invierno.

Ingredientes activos	Trigo	Avena	Cebada	Centeno	Triticale	Otras autorizaciones
Azoxistrobin	X		X			Oídio Helmintosporiosis Rincosporiosis (solo cebada) Septoriosis
Azoxistrobin+ciproconazol	X		X			Oídio Helmintosporiosis Rincosporiosis (solo cebada) Septoriosis
Carbendazima+flusilazol	X		X		X	Oídio Helmintosporiosis Septoriosis
Ciproconazol	X	X	X	X	X	Oídio
Ciproconazol+trifloxistrobin	X		X			Oídio Septoriosis (solo trigo)
Epoxiconazol	X		X			Oídio Rincosporiosis (solo cebada) Septoriosis
Fenpropimorf	X	X	X		X	Oídio Rincosporiosis (solo trigo y cebada)
Flutriafol	X		X			Oídio Helmintosporiosis Septoriosis
Mancozeb	X	X	X	X	X	Septoriosis
Mancozeb+metiltiofanato	X					Oídio Mal del pie Rincosporiosis Septoriosis
Piraclostrobin <sup>(3)</sup>	X	X	X	X	X	Helmintosporiosis (solo cebada) Rincosporiosis (solo cebada y centeno)
Procloraz+propiconazol	X		X			Oídio Septoriosis
Procloraz+tebuconazol	X		X			Oídio Cercosporiosis (trigo) Helmintosporiosis Fusariosis (trigo) Rincosporiosis Septoriosis (trigo)
Propiconazol	X		X			Oídio Rincosporiosis (solo cebada) Septoriosis (solo trigo)
Prothioconazol+tebuconazol <sup>(3)</sup>	X	X	X	X	X	Oídio (menos centeno) Helmintosporiosis (solo cebada) Fusariosis Rincosporiosis (solo cebada y centeno) Septoriosis (menos cebada y centeno)
Tebuconazol	X		X			Oídio Helmintosporiosis Rincosporiosis (solo cebada) Septoriosis
Triadimenol	X		X		X	Oídio Rincosporiosis (solo cebada)

<sup>(1)</sup> Revisado a partir de la página oficial del Registro de Productos Fitosanitarios del MAGRAMA en fecha 26/06/2013.

<sup>(2)</sup> No existen productos autorizados específicamente para roya amarilla, solamente para roya o royas.

<sup>(3)</sup> Contienen la roya amarilla como uso específico en la hoja de registro.

cultivo, es muy importante el control de las aportaciones de abonado nitrogenado, evitando sobre todo los excesos. Por ello, el ajuste del abonado a las extracciones y su dosificación en fondo y coberturas contribuye a la racionalización y ayuda al cultivo a una mejor defensa contra la roya. Todo ello evitará pues una mayor predisposición del cultivo a la enfermedad.

En todo caso las medidas culturales serán en principio insuficientes para el control de la enfermedad y mientras no haya a disposición del agricultor variedades resistentes o con un cierto grado de resistencia, se deberá recurrir a tratamientos fitosanitarios si aparecen síntomas en las parcelas y las condiciones climáticas se mantienen favorables. De hecho, la mejor medi-

da de control en nuestras zonas productoras suelen ser las condiciones climáticas poco favorables a la enfermedad durante el desarrollo del cultivo y, cuando estas condiciones se tornan favorables, los episodios epidémicos suelen ser de corta duración y con poca repercusión en la producción final.

### Uso de variedades resistentes

Con la posible ruptura de la resistencia que tenían las variedades de trigo harinero que se cultivaban hasta ahora, toda la situación cambia. Las recomendaciones sobre variedades que se hacían, pueden verse afectadas por su comportamiento frente a la mencionada nueva raza europea de roya amarilla. El INTIA de Navarra cita que las variedades Anza, Badiel o Bokaro, tradicionalmente susceptibles a la raza española de roya amarilla, se han visto afectadas por la enfermedad en 2012, lo cual puede ser hasta cierto punto natural, pero también se han visto sorprendidos al verse afectadas otras variedades tradicionalmente resistentes como Andelos, Berdun, Nogal o Paledor. Los análisis del hongo presente en estas últimas variedades han confirmado la presencia de la nueva raza Warrior/Ambition en su zona.

En el resto del país el panorama puede ser similar al de Navarra. Se han detectado durante 2013 epidemias severas de roya amarilla en la zona del Valle del Ebro, Castilla y León y Andalucía. Además, la distribución de las zonas afectadas ha sido muy importante en todo el territorio.

Si bien las infecciones más frecuentes y graves de roya amarilla en trigo se han producido sobre variedades de tipo alternativo, hay también algunas variedades de invierno que muestran especial susceptibilidad. En los ensayos agronómicos llevados a cabo por la red Genvce durante la campaña 2012-13, las variedades más atacadas fueron Agape, Atae y Cruzado, mientras que otras como Adhoc, Guadalete, Iguazú, Maguilla y Tiépolo se vieron moderadamente atacadas. Hace falta pues utilizar toda la información disponible sobre niveles de susceptibilidad varietal del diferente material vegetal de trigo que se cultiva en España y utilizar esta información como una de las cuestiones importantes a valorar a la hora de decidir la variedad de trigo a sembrar. Esto será especialmente importante en zonas donde las infecciones de roya amarilla sean más frecuentes y/o graves. Esta información suele estar disponible en los resultados de los ensayos repartidos por el territorio nacional



que establece la Red Genvce, y en los resultados de las diferentes redes de ensayo y recomendación varietal autonómicas.

### Control químico

El control químico de la roya amarilla es afortunadamente bastante sencillo. La mayoría de los productos registrados para esta “plaga/efecto” pueden permitir un control efectivo de la enfermedad (**cuadro III**). Se ha de tener en cuenta, sin embargo, que los tratamientos con fungicidas de acción solamente protectora no sirven para controlarla, aunque los niveles de enfermedad no sean muy elevados. Los productos a base de ingredientes activos del grupo de los triazoles (ciproconazol, epoxiconazol, flusilazol, flutriafol, propiconazol, tebuconazol y triadimenol) y de las estrobilurinas (azoxistrobin, trifloxistrobin y piraclostrobin) son los que controlan mejor la enfermedad.

En el caso de infecciones tardías, el criterio que deberá seguir el agricultor para decidir si aún le merece la pena o no aplicar el tratamiento fungicida, será el estado fenológico del cultivo, ya que una vez éste haya alcanzado el estado de grano pastoso las pérdidas en rendimiento ya se habrán producido y los tratamientos fungicidas no serán rentables (**cuadro IV**).

Finalmente, es necesario recordar que cuando se planteen los tratamientos fungicidas es necesario pensar en qué situación de riesgo y en qué momento de la fenología del cultivo nos encontramos. En situaciones de riesgo alto y con presencia de infecciones muy tempranas, es posible que controlemos la enfermedad, pero puede pasar que ésta vuelva a aparecer posteriormente con virulencia. En estos casos especiales, será conveniente plantearse un segundo tratamiento fungicida. Cuando las infecciones son medias o tardías, posteriores a la aparición de las espigas (a partir del estado 10 de la escala de Feekes-Large o del estado 51 de la escala BBCH), y aunque el riesgo continúe siendo alto, solamente será económicamente rentable un solo tratamiento, con lo cual deberemos acertar bien el momento, intentando evitar sobre todo infecciones por encima del 10% de severidad en planta. Esta última es la situación más habitual en nuestra climatología mediterránea. Normalmente, después de floración no sería nunca conveniente tratar, excepto en situaciones de elevado riesgo en que las condiciones perduren y se puedan producir pérdidas de rendimiento elevadas en el cultivo.

## CUADRO IV.

Criterios o umbrales económicos de intervención para roya amarilla según el estado fenológico del ciclo de cultivo del trigo.

Época	Criterio o umbral de intervención
Otoño (después de la siembra)	En nuestras condiciones y rendimientos no es recomendable tratar Considerar el tratamiento a la semilla para eliminar la infestación superficial de roya amarilla
Invierno	No es recomendable tratar
Marzo	1-3% de severidad en hoja, lluvias intermitentes y temperaturas suaves (5-20°C)
Abril	1-3% de severidad en hoja, lluvias intermitentes y temperaturas suaves (5-20°C)
Mayo	5-10% de severidad en hoja y persistencia de condiciones favorables (episodios de lluvias intermitentes y temperaturas suaves)
Junio	Tratar en zonas medias o bien tardías, o si la fenología viene retardada, hasta a un máximo de grano lechoso, cuando persisten las condiciones favorables a la enfermedad y con severidades por encima del 10% en hoja

## Resistencia de las variedades de trigo a la roya amarilla

La susceptibilidad a la roya amarilla es una de las características principales que se valoran en las variedades de trigo a sembrar en zonas donde esta enfermedad fúngica es más frecuente. En España, las epidemias más graves y habituales de la enfermedad se producen en Andalucía Occidental, que es una de las principales zonas productoras de trigo de la península. Allí, las variedades de mejores resultados productivos y más sembradas son justamente las menos susceptibles a la enfermedad.

Como se ha mencionado anteriormente, una infección importante de roya amarilla puede comprometer muy seriamente la producción. Es por eso que la mayor o menor susceptibilidad a *Puccinia striiformis* es uno de los criterios más importantes a valorar a la hora de decidir la variedad de trigo a sembrar en estas zonas. De hecho, ha habido diversos casos de variedades de trigo de elevada productividad y excelente adaptación en estas zonas del sur de España que se han visto borradas del mercado por su susceptibilidad a roya amarilla después de una campaña donde las infecciones de este patógeno han sido mínimamente importantes.

En Cataluña, las parcelas de trigo de las comarcas litorales y prelitorales son las más susceptibles de sufrir ataques de este hongo, dadas las condiciones climáticas caracterizadas por temperaturas relativamente suaves y elevada humedad ambiental. En estas comarcas será necesaria cada vez más una atención a este problema y utilizar la información disponible sobre susceptibilidad de las variedades actuales a roya amarilla.

Si se confirma, sin embargo, que los últimos ataques de roya amarilla en Cataluña son de la nueva raza llamada Warrior/Ambition será necesario estar atentos a su presencia, no únicamente en estas zonas tradicionalmente más afectadas, sino también en el resto de zonas productoras, dada la cierta precocidad en la sintomatología respecto a epidemias anteriores que habrían mostrado las infecciones para esta nueva raza del hongo.

Por lo que respecta a la información disponible sobre la mayor o menor susceptibilidad varietal a la enfermedad, la red Genvce evalúa cada año el comportamiento del nuevo material vegetal que va apareciendo en el mercado respecto a las principales enfermedades existentes en nuestras zonas productoras. Los datos de que se dispone de intensidad de los síntomas de las variedades frente a roya amarilla se refieren a todos los años y zonas en que ha habido ataques, si bien cabe tener en cuenta que la resistencia solamente se puede evaluar de forma consistente si los ataques son de media o elevada intensidad, lo cual habría sucedido a partir del año 2008 según los datos analizados. Como se ha mencionado, estos ataques han sido hasta ahora de las razas prevalentes en España de *Puccinia striiformis*, lo que hace que no se disponga aún de la mínima información necesaria para poder discriminar el material vegetal de trigo respecto de esta nueva variante de roya amarilla. En cualquier caso, puede que exista una relación directa entre la susceptibilidad recientemente detectada de las variedades respecto a la roya amarilla y la nueva raza que habría podido llegar, que se debería ir confirmando con datos durante las próximas campañas.

Así pues, desde el año 2000 la red Genvce ha publicado sus evaluaciones de los ensayos

## CUADRO V.

Nivel de resistencia a roya amarilla de variedades de trigo harinero en base a evaluaciones hechas en los ensayos de la red Genvce.

Variedades de trigo de ciclo largo	Variedades de trigo de ciclo corto	Nivel de resistencia a roya amarilla
AGUILA ANDINO AREZZO BRAMANTE EQUILIBRE EXOTIC GARCÍA RAFFY SOGOOD SOLEDA	ARTUR NICK OSADO SALAMA	ALTO
CCB INGENIO INNOV MARIUS PALEDOR SOISSONS	GALEON	MEDIO-ALTO
BOTTICELLI FIORENZO NOGAL MV EMESE	CATEDRAL GADES GAZUL SENSAS	MEDIO
INOUI		BAJO- MEDIO
SOLLARIO	BADIEL CALIFA SUR	BAJO

agronómicos de los cuales, respecto a roya amarilla, se puede inferir lo siguiente:

- De los catorce años de ensayo, solamente en siete de ellos se ha detectado roya amarilla en una o más variedades.

- El número de ensayos con detecciones ha sido: tres en el año 2004, uno en 2006, ocho en 2007, nueve en 2008, dos en 2009, uno en 2011 y catorce en 2013.

- La severidad media de la variedad que se ha mostrado más susceptible ha ido aumentando con los años, aún con interrupciones de años sin enfermedad (**figura 2**).

- De los 53 ensayos evaluados durante el año 2013, en catorce de ellos, un 26,4%, se han tenido registros de roya amarilla en alguna variedad. Las

severidades han sido variables, pero se pueden destacar máximas de 72% para ensayos de zonas cálidas, de 59% para zonas templadas y de 75% para zonas frías.

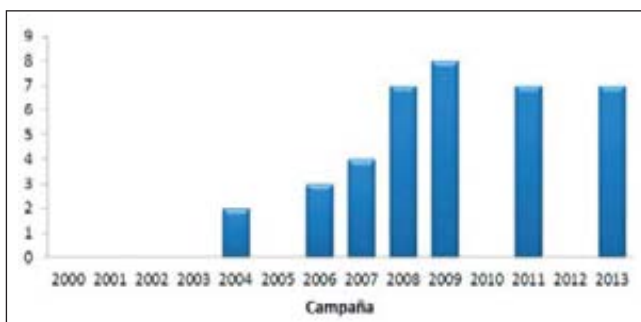
La **figura 2** ilustra cómo las epidemias de roya amarilla pueden haber virado hacia una mayor virulencia e intensidad de los síntomas en campo. Ello coincidiría con las observaciones de parcelas comerciales con ataques registrados recientemente en algunas zonas.

Por otra parte, de los ensayos del año 2013 se deduce que aún no se puede hablar de una pandemia para todas las zonas productoras españolas y para la mayor parte de las variedades, si bien algunas de las variedades de cada zona climática de cultivo ya se han mostrado muy susceptibles. Esta situación puede ser identificada como una prealerta del riesgo de una epidemia de roya amarilla para muchas zonas productoras españolas si las condiciones fueran favorables en años venideros, puesto que las variedades pueden virar hacia una mayor susceptibilidad frente al patógeno.

El **cuadro V** muestra el nivel de resistencia observado en diferentes variedades de trigo que se comercializan actualmente a partir de los resultados de los ensayos de la Red Genvce entre las campañas 2007 y 2013. En el mismo se muestra el grado de susceptibilidad observado en variedades de trigo harinero. Sobre el comportamiento o clasificación de las

## FIGURA 2.

Nivel de infección medio (evaluado en una escala del 0-9) de la variedad más susceptible observada en cada campaña en los ensayos de Genvce. Fuente: Elaborado a partir de los datos publicados por Genvce para las distintas campañas.



variedades, cabe recordar que hemos comentado que la resistencia/susceptibilidad es un concepto dinámico que puede evolucionar con el tiempo según evolucione la población del patógeno respecto la prevalencia de los distintos tipos de genes de virulencia.

Por todo lo dicho anteriormente, esta información quedaría limitada en gran parte a las infecciones de roya amarilla sufridas hasta ahora, puesto que puede evolucionar con la irrupción de la nueva raza del hongo. Se deberá en cualquier caso seguir evaluando la respuesta de las nuevas variedades de trigo a esta enfermedad con el objetivo de actualizar la información existente hasta ahora y más aún si nos encontramos ante esta nueva variante del patógeno. ●

## Bibliografía

- Meier U. (editor). 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. BBCH Monograf. Escala de cereales: Phenological growth stages and BBCH-identification keys of cereals (Witzhenberger et al., 1989; Lancashire et al., 1991). Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Berlin, Germany.
- Beard C, Loughman R y Thomas G. 2005. Managing stripe rust and leaf rust. Farnote núm. 43/2005. Department of Agriculture, Government of Western Australia.
- Bushnell WR y Roelfs AP. 1984. The cereal rusts. Volume I. Origins, specificity, structure, and physiology. Academic press, INC.
- Bushnell WR y Roelfs AP. 1984. The cereal rusts. Volume II. Diseases, distribution, epidemiology, and control. Academic press, INC.
- Chen XM. 2005. Epidemiology and control of stripe rust [Puccinia striiformis f.sp. tritici] on wheat. Can. J. Plant Pathol. 27: 314-337.
- Chen XM, Moore M, Milus EA, Long DL, Line RF, Marshall D y Jackson L. 2002. Wheat stripe rust epidemics and races of Puccinia striiformis f. sp. tritici in the United States in 2000. Plant Dis. 86: 39-46.
- De Vallavieille-Pope C, Aly S, Leconte M, Enjalbert J, Delos M y Rouzet J. 2012. Virulence dynamics and regional structuring of Puccinia striiformis f. sp. tritici in France between 1984 and 2009. Plant Dis. 96: 131-140.
- GENVCE. Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España. Fichas relativas a las variedades de trigo. Dirección web: <http://www.genvce.org/>
- HGCA. Yellow rust management in wheat. Topic sheet 119/Autumn 2012. HGCA Publications.
- Jin Y, Szabo LJ y Carson M. 2010. Century-old mystery of Puccinia striiformis life history solved with the identification of Berberis as an alternate host. Phytopathology, 100: 432-435.
- Large E.C. 1954. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scales. Plant Pathol., 3: 221-234.
- MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Registro de Productos Fitosanitarios. Dirección web: <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>
- Marín JP, Segarra J y Almacellas J. 1992. Enfermedades de los cereales en Cataluña durante 1988-1990. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal, 7(2): 261-275.
- Murray TD, Parry DW y Cattlin ND. 2009. Diseases of small grain cereal crops. A colour handbook. Manson Publishing Ltd., London.
- Roelfs AP, Sing RP, Saary EE, Broers LHM y Hettel GP. 1992. Rust diseases of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT, México DF. 81 páginas.
- Smith IM, Dunez J, Phillips DH, Lelliott RA y Archer SA. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 671 páginas.
- Wiese MV. 1998. Compendium of wheat diseases. Second Edition. APS Press, The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 112 páginas.
- Zillinsky FJ. 1984. Enfermedades comunes de los cereales de grano pequeño: Una guía para su identificación. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT. El Batán, México. 141 páginas.
- Zúñiga J, Lezaún JA, Biurrun R y Garnica I. 2012. Roya amarilla. Enfermedad antigua, problemas modernos. Navarra Agraria, 7-13.