

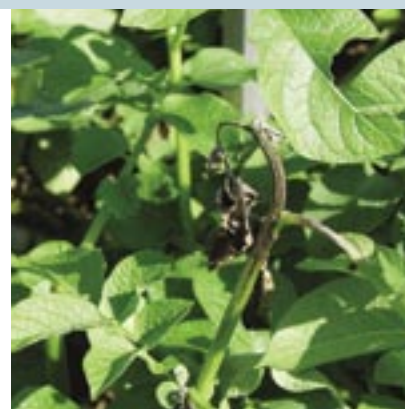
Daños de mildiu en hojas.

Mildiu en patata: con previo aviso

Validación de un modelo de aviso de tratamientos fitosanitarios para controlar la principal enfermedad del tubérculo

El cultivo de patata es de gran importancia en La Rioja; recientemente se cultivaban en torno a 3.500 hectáreas, aunque estos últimos años se ha reducido sensiblemente la superficie a 2.000 hectáreas. Actualmente, su principal destino es la industria de transformación, fritos sobre todo (45%) con Hermes y Agria como variedades más cultivadas.

La principal enfermedad que puede afectar al cultivo es el mildiu (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), muy sujeta a las condiciones climáticas que se produzcan en el año, que, de ser favorables, puede ocasionar graves pérdidas de rendimiento.



Síntomas de la enfermedad en tallos.

Texto y fotografías: **Juan Manuel Rodríguez García**. Sección de Producción (CIDA)

Colaboradores: **Técnicos de la Cooperativa Rioja Alta y de la Cooperativa de Villar de Torre**

Durante los tres últimos años hemos controlado en nuestras condiciones de campo el funcionamiento del programa informático libre Negfry, desarrollado por J. G. Hansen en Dinamarca, un sistema de soporte a la toma de decisiones para el control del mildiu de la patata. El objetivo último ha sido el de estudiar el interés y la posibilidad de realizar avisos fitosanitarios de tratamientos en el control del mildiu en la patata de un modo práctico para el agricultor.

Por ello hemos comparado la información generada con la utilización de sensores de humedad relativa y temperatura a nivel de parcela, por un lado, más el aprovechamiento de la información generada por la red de estaciones agrometeorológicas con que cuenta nuestra Comunidad Autónoma.

El área de estudio ha sido Rioja Alta, por ser la zona tradicional de cultivo de patata, trabajando en colaboración con los técnicos de las dos cooperativas de la comarca ubicadas en Santo Domingo-Bañares y Villar de Torre.

Las estaciones con las que hemos trabajado han sido las de Santo Domingo, Casalarreina y Villar de Torre.

Además de comprobar la adecuación de este programa a las condiciones riojanas, se ha realizado un seguimiento de la aparición e incidencia de la enfermedad a lo largo de estos 3 años.

Metodología de trabajo

Cada año se seleccionó en cada una de estas localidades una parcela cultivada de patata con la variedad Agria o Hermes y, dentro de éstas, se estableció una subparcela de 700 m², que actuó como parcela testigo y, por ello, no se realizó ningún tratamiento fitosanitario con fungicida, de manera que permitió observar la aparición de la enfermedad y la validación del programa.

En estas subparcelas testigo, se ubicaron unos sensores que recogían datos horarios de temperatura y humedad relativa en las condiciones reales del cultivo. Los sensores se mantuvieron durante todo el ciclo 20 cm por encima del cultivo. En algunos casos nos encontramos con problemas de falta de calibración en los sensores, por lo que para garantizar su

funcionamiento ha sido necesario recalibrarlos antes de cada campaña en laboratorio; la utilización en condiciones de campo hace necesario este proceder, si no se producirían lecturas erróneas.

Los datos de pluviometría horaria se tomaron de la red de estaciones propia de la Consejería de Agricultura en la estación más cercana (Santo Domingo, Casalarreina y Villar de Torre).

La recogida de datos se realizó con una frecuencia de 3-4 días con un transportador de datos en los sensores localizados en las parcelas testigo. Después, estos datos se volcaban en el ordenador y se procesaban para disponerlos en un formato compatible ASCII, para verificar el ajuste del programa Negfry a nuestras condiciones agronómicas.

Este proceso de conversión de datos supone un esfuerzo considerable en cada descarga de datos, tanto para los procedentes de las estaciones como de los sensores en campo.

Con la experiencia adquirida a la largo de estos 3 últimos años, algún agricultor optó por aplicar los tratamientos fungicidas en función de las recomendaciones del programa a toda la parcela y/o toda la explotación.

La búsqueda de la aparición de la enfermedad no se circunscribía a estas subparcelas testigo, sino que se extendía a toda la zona de estudio. Al encontrar parcelas con sintomatología achacable a la enfermedad, se procedía a tomar muestras que se mantenían en cámara húmeda y posteriormente se ratificaba el diagnóstico por observación al microscopio.

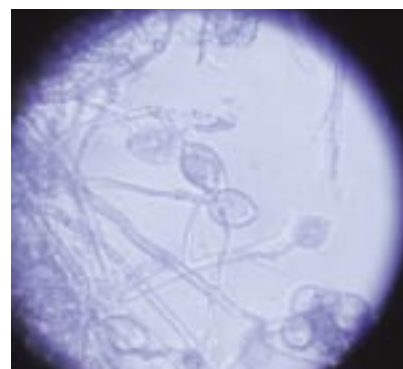
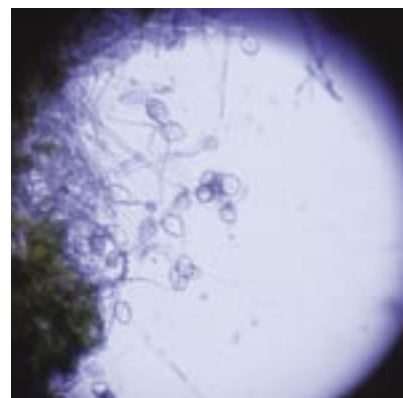
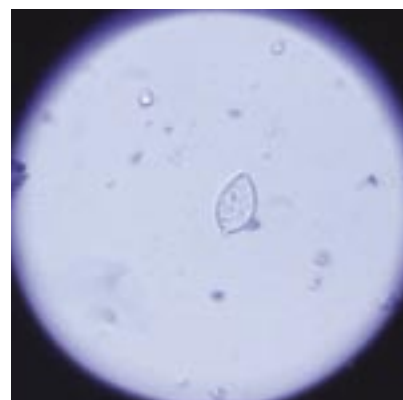
En algún caso la enfermedad hizo aparición en parcelas distintas a las estudiadas, en focos primarios a partir de los cuales la enfermedad se fue diseminando por toda la zona.

El criterio que hemos establecido en los resultados obtenidos a partir de la fecha en que hizo su aparición el mildiu en el campo, es considerar el primer aviso como adelantado si fue 16 días antes de su aparición (o sin que ésta se produjera); correcto, si se produjo el primer aviso en los 16 días anteriores a la aparición en campo de la enfermedad y; atrasado si se realizó después.

Los pronósticos adelantados y correctos se validarían como aceptables, y los atrasados se validarían como incorrectos.

En los casos en que se produce el aviso del primer tratamiento y luego la enfermedad no se detecta en campo, el pronóstico ha sido considerado adelantado, y el resultado validado como aceptable, porque aunque indique la conveniencia de realizar un tratamiento, el seguir la recomendación no supone asumir ningún riesgo en el cultivo; distinto es el caso de un aviso de tratamiento que llegue después de que aparezcan los síntomas en el cultivo, que entonces el pronóstico se habría de considerar como atrasado y el resultado validarse como incorrecto y peligroso.

Conidias de mildiu al microscopio.



Resultados del seguimiento con los datos proporcionados por las estaciones meteorológicas

En los cuadros 1 y 2, se exponen los resultados producidos a lo largo de estos 3 años a partir de los datos generados por las estaciones meteorológicas.

Resultados obtenidos mediante la utilización de sensores en el cultivo

Se han utilizado 2 tipos de sensores distintos. Uno de ellos era de la marca Hobo, un registrador automático con 2 canales, uno para humedad relativa y otro para temperatura, programándose los sensores para medir estas variables cada hora.

Estos sensores se han utilizado las 3 campañas; uno presentaba problemas de calibración desde la primera campaña, por lo que en la última se optó por volver a recalibrar los dos.

La utilización en condiciones de campo más allá de una campaña les puede hacer perder precisión, y por tanto anualmente deberían ser recalibrados.

Con estos sensores, recogiendo las condiciones reales del cultivo en la parcela, se han conseguido **mejores pronósticos** que los obtenidos a partir de los datos de las estaciones meteorológicas, pero siempre utilizando **valores de cálculo distintos**, en concreto el umbral de humedad relativa, en vez de ser del 87% como para los datos de las estaciones meteorológicas, sería del 98%.

El sensor utilizado en Bañares en el año 2003 no estaba bien calibrado: con un umbral de humedad del 98% determinaba un elevadísimo número de tratamientos, y con los datos del sensor y un umbral del 99% de humedad no daba ningún aviso; sin que ese año hubiera ninguna presencia de mildiu en campo.

Este mismo sensor, utilizado en 2004 en Casalarreina, ofrecía los mismos resultados: con un umbral del 99% de humedad, ningún aviso (a pesar de detectar la enfermedad el 16 de agosto en la parcela), y, por el contrario, con el 98% de humedad como umbral determinaba un elevadísimo número de tratamientos.

Sin embargo, en 2005, tras calibrar en laboratorio los 2 sensores los resul-

Cuadro 1. Avisos de tratamiento obtenidos a partir de los datos generados por las estaciones meteorológicas y parámetros óptimos de cálculo para cada zona

Año	Localidad	Parámetros cálculo	1º Aviso	Nº Avisos
2003	Casalarreina	HR 87%, Prognosis > 130, Diario > 7	04/09/2003	1
	Bañares	HR 87 %, Prognosis > 85, Diario > 5	24/06/2003	2
2004	Villar de Torre	HR 87 %, Prognosis > 130, Diario > 7	25/06/2004	4
	Casalarreina	HR 87%, Prognosis > 130, Diario > 7	11/07/2004	2
	Bañares Parcela 1	HR 87%, Prognosis > 85, Diario > 5	19/06/2004	1
	Bañares Parcela 2	HR 87%, Prognosis > 85, Diario > 5	19/06/2004	1
	Bañares Parcela 3	HR 87%, Prognosis > 85, Diario > 5	19/06/2004	1
2005	Villar de Torre	HR 87%, Prognosis > 130, Diario > 7	22/06/2005	2
	Bañares	HR 87%, Prognosis > 130, Diario > 7	13/06/2005	1
	Casalarreina	HR 87%, Prognosis > 130, Diario > 7		0

Cuadro 2. Validación de los pronósticos obtenidos por las estaciones meteorológicas a lo largo de los 3 últimos años

Año	Localidad	1º Aviso	Nº Avisos	Síntomas	Pronóstico	Resultado
2003	Casalarreina	04/09/2003	1	Ausencia	Adelantado	Aceptable
	Bañares	24/06/2003	2	Ausencia	Adelantado	Aceptable
2004	Villar de Torre	25/06/2004	4	13/07/2004	Adelantado +19 días	Aceptable
	Casalarreina	11/07/2004	2	16/08/2004	Adelantado +36 días	Aceptable
	Bañares Parcela 1	19/06/2004	1	14/06/2004	Atrasado (-5 días)	Incorrecto y peligroso
	Bañares Parcela 2	19/06/2004	1	03/07/2004	Correcto 14 días antes	Aceptable
	Bañares Parcela 3	19/06/2004	1	03/07/2004	Correcto 14 días antes	Aceptable
2005	Villar de Torre	22/06/2005	2	Ausencia	Adelantado	Aceptable
	Bañares	13/06/2005	1	Ausencia	Adelantado	Aceptable
	Casalarreina		0	Ausencia	Correcto	Aceptable

Cuadro 3. Número de avisos producidos hasta la aparición de síntomas

Año	Localidad	Nº avisos hasta la aparición de síntomas en campo
2003	Casalarreina	1 y no aparecen
2004	Casalarreina	2 y aparecen
2005	Casalarreina	0 y no aparecen
2003	Bañares	1 y no aparecen
2004	Bañares Parcela 1	0 y ya han aparecido
	Bañares Parcela 2	1 y aparecen
	Bañares Parcela 3	1 y aparecen
2005	Bañares	1 y no aparecen
2004	Villar de Torre	1 y aparecen
2005	Villar de Torre	1 y no aparecen

tados han sido óptimos, no se produce ningún aviso y no se detecta la enfermedad en campo.

Los valores de cálculo utilizados para cada año y parcela aparecen en el cuadro 4, al utilizar sensores en condiciones de cultivo.

El otro tipo de sensor que ensayamos estaba directamente conectado desde la estación de Villar de Torre a la parcela por un cable, y consistía en una placa donde,

por conductividad eléctrica, se valoraba el grado de humedad relativa en el cultivo, y descargaba automáticamente los datos vía telefónica. La placa se mantenía 20 cm por encima del cultivo a lo largo de todo el ciclo.

Sólo se pudo utilizar este sistema un año de los 3 ensayados por la necesaria cercanía de la parcela de ensayo a la estación climática.

Cuadro 4. Avisos de tratamiento obtenidos a partir de los datos generados por los sensores Hobo en el cultivo y parámetros óptimos de cálculo para cada zona

Año	Localidad	Parámetros cálculo	1º aviso	Nº avisos
2005	Villar de Torre	HR 98%, pronosis > 130, diario > 7	-	-
	Bañares	HR 98%, pronosis > 130, diario > 6	-	-
2004	Casalarreina	Problemas calibración		
	Bañares	HR 98%, pronosis >130, diario > 6	29/6/04	3
2003	Casalarreina	HR 98%, pronosis > 130, diario >7	-	0
	Bañares	Problemas calibración		

Cuadro 5. Validación de los pronósticos obtenidos por los sensores Hobo

Año	Localidad	Sensor	1º aviso	Síntomas	Pronóstico	Resultado
2005	Villar de Torre	Sensor	-	Ausencia	Correcto	Correcto
	Bañares	Sensor	-	Ausencia	Correcto	Correcto
2004	Casalarreina	Sensor	No evaluable	16/8/04	No evaluable	No evaluable
	Bañares	Sensor	29/6/04	3/7/04	Correcto. 4 días antes	Correcto
2003	Casalarreina	Sensor	-	Ausencia	Correcto	Correcto
	Bañares	Sensor	No evaluable	Ausencia	No evaluable	No evaluable

Cuadro 6. Avisos de tratamiento obtenidos a partir de los datos generados por el sensor conectado a la estación

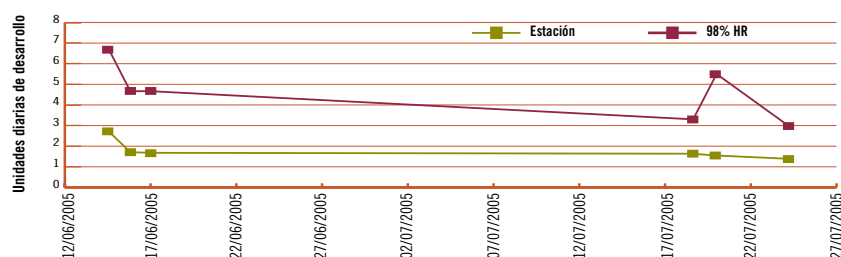
Año	Localidad	Origen	Parámetros de cálculo	1º aviso	Nº avisos
2004	Villar de Torre	Sensor	HR 87%, pronosis > 130, diario > 7	27/6/04	3

Cuadro 7. Validación de los pronósticos obtenidos por el sensor conectado a la estación

Año	Localidad	Origen datos	1º aviso	Síntomas	Pronóstico	Resultado
2004	Villar de Torre	Sensor	27/6/04	13/7/04	Adelantado. 16 días antes	Aceptable
2004	Villar de Torre	Estación	25/6/04	13/7/04	Muy adelantado. 19 días antes	Aceptable

Cuadro 8. Relación entre riegos y los riesgos diarios de desarrollo de mildiu en 2005: valores dados por la estación, el sensor y su diferencia

Fecha	Estación	97% HR	Diferencia	Fecha	Riego (mm)
				13-6-2005	29
14/06/2005	2,67	6,67	-4,0		
16/06/2005	1,68	4,74	-3,1		
17/06/2005	1,6	4,74	-3,1		
				18-6-2005	29
				28-6-2005	22
				5-7-2005	31
				10-7-2005	33
				18-7-2005	38
19/07/2005	1,77	3,15	-1,4		
20/07/2005	1,49	5,52	-4,0		
24/07/2005	1,47	2,94	-1,5	24-7-2005	32
				31-7-2005	28
				8-8-2005	28
				16-8-2005	25
				22-8-2005	21

Figura 1. Días en que las unidades diarias de desarrollo de mildiu son mayores de una unidad calculadas con los datos del sensor respecto a los de la estación

En este caso, este sensor ha presentado un umbral de humedad relativa similar al de la estación, 87%, pero ha permitido una mayor aproximación del primer aviso a la aparición de síntomas en campo (cuadros 6 y 7).

Resultados obtenidos mediante la utilización de sensores en el cultivo: influencia de los riegos aplicados al cultivo

La utilización de los sensores en el cultivo pretende aminorar la influencia que puedan presentar los riegos respecto de las condiciones ambientales que reflejan los datos de las estaciones meteorológicas. Es decir, la influencia que tienen los riegos en las condiciones de humedad ambiental que soporta el cultivo y que puedan favorecer las infecciones del hongo.

Se exponen detalladamente los resultados que hemos obtenido durante los dos años de estudio en Villar de Torre a modo de ejemplo, aunque los resultados son similares en las 3 localidades y las conclusiones válidas para todas ellas.

Villar de Torre 2005

En general, las unidades de desarrollo de mildiu calculadas con los datos de la estación son valores superiores a los observados en el cultivo con la ayuda de los sensores.

En la figura 1 se han reflejado aquellos pocos días en que las unidades de desarrollo calculadas con los datos procedentes del sensor superan en más de una unidad de desarrollo de mildiu a los calculados de acuerdo con los datos facilitados por la estación.

En el cuadro 8 se puede ver que estas diferencias son explicables por los riegos aplicados al cultivo, aunque los primeros riegos no se hayan reflejado en el cuadro por no haber determinado diferencias mayores de una unidad entre el cálculo realizado con los datos del sensor y el cálculo con los datos de la estación.

Villar de Torre 2004

Haciendo el mismo cálculo que en 2005, aparecen como los únicos días en que el riesgo determinado por el sensor supera-

Figura 2. Cálculo de unidades de desarrollo diarias con los datos de la estación o del sensor

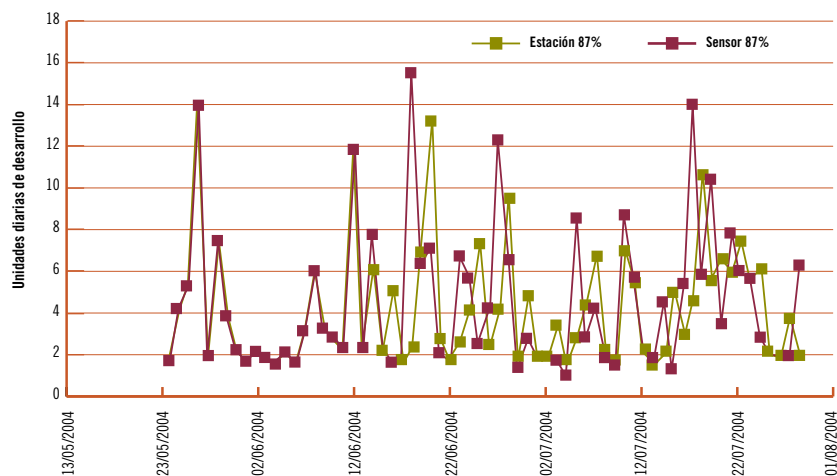
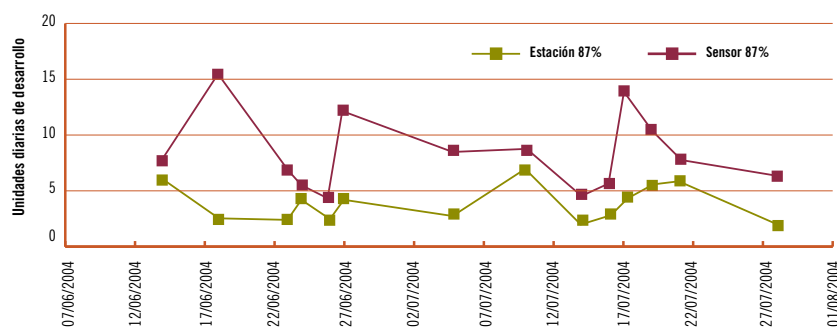


Figura 3. Días en que las unidades diarias de desarrollo de mildiu son mayores de una unidad calculadas con los datos del sensor respecto de las calculadas con los datos de la estación



Cuadro 9. Relación entre riegos y los riesgos diarios de desarrollo de mildiu: valores dados por la estación, el sensor y su diferencia

Fecha	Estación 87%	Sensor 87 %	Diferencia	Fecha	Riego (mm)
				12-6-2004	19
14/06/2004	5,98	7,63	-1,65		
18/06/2004	2,29	15,32	-13,03		
				21-6-2004	20
23/06/2004	2,5	6,57	-4,07		
24/06/2004	4,1	5,57	-1,47		
26/06/2004	2,22	4,09	-1,87		
27/06/2004	4,05	12,09	-8,04	27-6-2004	21
				2-7-2004	23
05/07/2004	2,76	8,42	-5,66		
10/07/2004	6,89	8,54	-1,65	10-7-2004	20
14/07/2004	2,1	4,42	-2,32		
16/07/2004	2,85	5,28	-2,43		
17/07/2004	4,45	13,78	-9,33		
19/07/2004	5,42	10,26	-4,84		
				20-7-2004	14
21/07/2004	5,85	7,71	-1,86		
				27-7-2004	24
28/07/2004	1,8	6,15	-4,35		
				15-8-2004	20
				22-8-2004	19

ba al cálculo realizado con los datos de la estación, los reflejados en la figura 2.

En el cuadro 9 se puede ver cómo se relacionan estos días con los riegos aplicados a lo largo del cultivo.

Discusión de resultados

En los cuadros 1 y 2 se puede observar cómo el cálculo con los parámetros por defecto del programa (130 de riesgo acumulado y un riesgo diario >7) y los datos facilitados por las estaciones ha funcionado muy bien para los 2 años estudiados en la zona de Villar de Torre y los 3 años estudiados en la zona de Casalarreina, quizá debido a una menor intensificación y extensión del cultivo y, por tanto, a una menor presión de la enfermedad.

En el caso de Casalarreina, el año en que hemos encontrado presencia de la enfermedad ha sido después de 2 avisos de tratamiento en el año de los tres estudiados, que fue el más favorable a la aparición de la enfermedad.

Ese mismo año en Villar de Torre se produjo un único aviso antes de detectar la enfermedad en campo.

En el cuadro 3 se refleja esta idea, cómo la presión de la enfermedad puede ser distinta en cada zona estudiada.

En la zona de Bañares, ya había presencia de la enfermedad en alguna parcela incluso antes del aviso dado por el programa, pero se debe considerar como el primer foco de la enfermedad, asociado probablemente a la existencia de inóculo en la semilla. Por ello, en el caso de Bañares-Santo Domingo, los parámetros de cálculo del programa los hemos ajustado a los mismos valores que se han considerado óptimos en Andalucía: valor acumulado de 85 y diario de 5, y así poder conseguir unos resultados aceptables.

En los otros dos años de baja incidencia de la enfermedad, a pesar de producirse condiciones para la infección (aviso de tratamiento), ésta no se detectó en campo en ninguna de las 3 localidades.

La utilización de los sensores a nivel de parcela al final del cultivo mostraba que estas condiciones teóricas dadas por los datos de las estaciones climatológicas no se llegaban a alcanzar en las parcelas estudiadas.

Es decir, la utilización de estos sensores permitía obtener mejores pronósticos que los facilitados por las estaciones meteorológicas.

Salvo en un caso en una parcela de Bañares, con los datos facilitados por las



Ensayo de campo de control de mildiu.

Cuadro 10. Resumen de las campañas y localidades analizadas: avisos producidos, inicio de riegos y aparición de síntomas de la enfermedad

Año	Localidad	Primer aviso estación	Primer aviso sensor	Inicio riegos	Síntomas mildiu
2003	Casalarreina	4 septiembre	-	25 mayo	-
	Bañares	24 junio	Falta calibración	23 mayo	-
2004	Casalarreina	11 julio	Falta calibración	15 junio	16 agosto
	Bañares	19 junio	29 junio	20 mayo	Algún foco ya desde 14 junio
	Villar de Torre	25 junio	27 junio	4 junio	13 julio
2005	Casalarreina	-	No había sensor	9 junio	-
	Bañares	13 junio	-	25 mayo	-
	Villar de Torre	22 junio	-	4 mayo	-

estaciones, los pronósticos son aceptables en 9 parcelas: 9/1, lo que supone un 90% de pronósticos validados como aceptables. En trabajos similares de validación en Andalucía, el porcentaje de pronósticos estimados como aceptables es del 85%.

En todo caso, el pronóstico que hemos validado como incorrecto ocurrió en la primera parcela donde hizo su aparición la enfermedad. En el caso de esa única parcela que consideramos que actuó como foco primario, el aviso de tratamiento hubiera llegado 5 días tarde.

El rebajar más los parámetros de cálculo del programa para intentar llegar a esa situación quizá sería excesivo. La fecha de emergencia del cultivo fue del 25 de abril y la aparición de la enfermedad el 14 de junio, con unos 50 días de edad del cultivo. Con estos parámetros de cálculo, podrán aparecer pequeños focos primarios de infección probablemente asociados a la semilla utilizada pero, realizando el aviso bajo estas condiciones, se llegaría a proteger de un modo efectivo a la mayoría de las parcelas.

El número estimado de unidades de desarrollo diarias de mildiu a partir del cálculo con los datos de las estaciones en general supera a las unidades de desarrollo calculadas a partir de los datos de los sensores.

Sin embargo, según se ha expuesto, a lo largo de los meses de junio y julio las unidades de desarrollo determinadas a partir de los datos de los sensores pueden superar en días concretos los valores obtenidos a partir del cálculo con los datos de las estaciones, lo cual se podría justificar por los riegos que se aplican en esa época al cultivo, y también al grado de cobertura que pueda presentar éste, que hace que la humedad relativa sea más alta y, por tanto, las condiciones para el desarrollo de la enfermedad más favorables.

Resumiendo y concretando, los riegos aplicados a primeros de junio, la cubrición del cultivo y su estado de desarrollo permiten que a nivel de parcela los riesgos diarios de infección que se producen puedan ser más altos que los facilitados por los datos de las estaciones, en algunos días concretos, que se pueden relacionar con los riegos aplicados: en el año 2004 incluso con riegos de 19 y 20 mm se producía este efecto, mientras que en el año 2005, mucho más seco, los volúmenes de riego necesarios eran mucho más altos (29 mm).

Como se puede observar en el cuadro 10, las condiciones para el primer aviso a lo largo de todos estos años se han producido siempre después de haberse iniciado los riegos.

En el caso de Bañares-Santo Domingo en el año 2004, se detectó un primer foco en una parcela antes de que se superaran los valores que estimamos como adecuados a partir de los datos facilitados por la estación; este hecho puede ser consecuencia de las condiciones particulares de esa parcela. No hay que olvidar que el cálculo del programa empieza a partir de un día determinado en que ha emergido el cultivo en un 80%. Esa parcela en concreto fue la más temprana de la zona, y sus condiciones particulares y una posible presencia de inóculo en la semilla determinó que se produjera allí el primer foco de la enfermedad. El primer aviso de tratamiento ese año llegó a esa parcela 5 días atrasado, pero hubiera permitido proteger adecuadamente el resto de las parcelas.

Salvo esta única observación, el resto de las epidemias estudiadas se ajustan adecuadamente a los parámetros de cálculo estimados para las estaciones o para los sensores, aunque éstos pueden recoger la influencia de los riegos y ajustar mejor los pronósticos.

Conclusiones

El modelo propuesto (Negfry) ha presentado un buen funcionamiento y consideramos que su utilización puede en determinados años ayudar a reducir sensiblemente los tratamientos aplicados preventivamente al cultivo.

Se ha conseguido ajustar los parámetros de cálculo a nuestra zona de cultivo para el primer aviso de tratamiento.

La utilización de los sensores a nivel de una parcela concreta puede mejorar los pronósticos realizados, ya que permite recoger las condiciones reales del cultivo e incluir la influencia del riego en las condiciones de humedad ambiental presentes en éste.

La red de estaciones con que contamos ha presentado mucha fiabilidad, y es un elemento básico para poder hacer llegar estas recomendaciones al agricultor.

Este sistema nos permitirá realizar una recomendación adecuada para cada área de cultivo en Rioja Alta en cuanto al primer tratamiento, el más importante para proteger el cultivo.

Vistos los resultados obtenidos, el agricultor debería ser especialmente cuidadoso con el volumen de los primeros riegos que aplique, especialmente a lo largo del mes de junio, para que no se produzcan desviaciones importantes entre las condiciones generales determinadas por los datos de las estaciones y los datos particulares de cada parcela concreta.

A partir de ese momento, a través de las cooperativas, no podremos hacer más que recomendaciones de tratamientos en aquellos días en que puede existir un riesgo alto de infección.

En función de las condiciones de cada año, el sistema podrá suponer una reducción considerable de aplicaciones fungicidas para prevenir el desarrollo de la enfermedad.