



Moteado en manzana.

Modelos de predicción para mejorar la eficacia de la práctica fitosanitaria en La Rioja: moteado de manzano y mancha negra en peral

En el número 41 de *Cuaderno de campo*, publicado en febrero de 2009, se abordó el tema del uso de modelos para la previsión de enfermedades en los cultivos y se ofreció una serie de ideas básicas sobre los modelos de predicción, centrando la atención en el mildiu de la patata y, de forma más breve, en los primeros resultados obtenidos en 2008 de un ensayo de validación de un modelo de predicción de moteado de manzano. Resulta de interés ampliar los resultados obtenidos del modelo para previsión de moteado en años posteriores y presentar otro modelo para controlar la mancha negra del peral.

Introducción

En las últimas Jornadas de Productos Fitosanitarios celebradas el 22 y 23 de noviembre de 2011, la Dirección General de Recursos Agrícolas y Ganaderos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) ha subrayado “que la protección de los cultivos frente a las plagas constituye un elemento clave para la competitividad de la agricultura, un sector estratégico para España por su potencial exportador, como base de la industria agroalimentaria y eje vertebrador del medio rural”. En este sentido, el Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA) está llevando a

cabo distintos trabajos experimentales con objeto de validar varios modelos predictivos de enfermedades de diferentes cultivos de nuestra región.

Dos de las enfermedades más importantes que atacan actualmente a los frutales de pepita en La Rioja son el moteado de la manzana y la mancha negra del peral.

Una estrategia para el control de estas enfermedades es el empleo de modelos de predicción que permitan adecuar la aplicación de tratamientos fungicidas a los momentos de verdadera necesidad, optimizando y mejorando la eficacia fitosanitaria, a la vez que se orienta la gestión del cultivo hacia una producción

Texto y fotografías: **Silvia Gallo Alcalá** SIAR. Sección de Recursos Naturales. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (CIDA)

más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Los factores que influyen en el desarrollo de una enfermedad y, en consecuencia, en la aplicación de un tratamiento fitosanitario en un momento determinado, son principalmente de origen ambiental, ya que la biología de cada patógeno está vinculada a unas condiciones ambientales óptimas que favorecen su desarrollo y/o multiplicación. Por ello, utilizando los datos meteorológicos locales que precise cada modelo, se puede prever el comportamiento del patógeno, controlando así la enfermedad con una programación efectiva de los tratamientos, tanto en

su número como en el momento de su aplicación.

Los modelos de predicción de enfermedades requieren una calibración y validación local previa a su uso. Además de la zona geográfica, se comprueba la influencia que tiene la situación de la estación automática y/o de sus sensores meteorológicos, para ajustar el modelo a las condiciones de campo mediante los datos meteorológicos registrados en una red general de estaciones agrometeorológicas automáticas como la que cuenta La Rioja: SIAR (Servicio de Información Agroclimática del Gobierno de La Rioja). Esta red, al estar distribuida a lo largo de toda la superficie agraria de la comunidad autónoma, resulta útil para generalizar la información obtenida del riesgo de ataque de un patógeno según las condiciones climáticas, mediante un modelo y una estación a toda una zona de cultivo.

Los objetivos fundamentales de esta línea de trabajo son:

- Poner a punto modelos de predicción, que se ajusten a las condiciones locales de La Rioja, y que orienten y faciliten una práctica fitosanitaria adecuada a los momentos de verdadera necesidad del cultivo (momentos de riesgo previstos por el modelo).
- Optimizar y mejorar la eficacia de las aplicaciones fungicidas para el control de estas enfermedades, reduciendo costes y contribuyendo a la vez a la mejora de aspectos medioambientales.
- Validación local de modelos generados a partir de los datos meteorológicos tomados por la red de estaciones del SIAR, generando una herramienta útil para la toma de decisiones en el ámbito fitosanitario.

Moteado del manzano

Esta enfermedad es provocada por el hongo *Venturia inaequalis* (Cke.) que, a partir de la brotación del manzano en primavera, produce sus esporas sexuales en cuerpos fructíferos creados durante el invierno en las hojas caídas en el suelo. Esta liberación de esporas se genera con las lluvias, siendo necesario tanto un tiempo determinado con agua disponible sobre el vegetal (humectación), como que se produzcan unas temperaturas adecuadas para que el hongo germine e infecte. Posteriormente, tras la producción de conidias

(esporas asexuales) sobre los tejidos verdes atacados, tendrán lugar las infecciones secundarias.

La acción del moteado sobre las hojas puede mermar los rendimientos, pero el daño más grave se produce cuando ataca al fruto, al afectar a su desarrollo, a su calidad, a su capacidad de conservación en cámara y por lo tanto a su rentabilidad.

Este ciclo, como ya se comentó en el número de *Cuaderno de campo* anteriormente citado, está modelizado gracias a las publicaciones de Mills y Laplante y a los ajustes experimentados por el IRTA de Girona (Instituto de Investigación y Tecnología Agraria de la Generalitat de Catalunya), previendo el grado de peligro potencial de infección de moteado en manzano en un área determinada.

El modelo empleado calcula el “índice de moteado”, el cual describe el riesgo de infección, utilizando para ello datos horarios de temperatura, humedad relativa y horas de humectación de hoja. A partir de un determinado umbral de “índice de moteado” –que ha sido ensayado y validado– se considera que existe un riesgo medio de infección. Desde ese momento hay un cierto periodo de tiempo para que se complete la infección y se produzca la esporulación del hongo. Este periodo es de aproximadamente 36 horas a las temperaturas que normalmente se registran en esta época del año, pero podría aumentar en función de que se produzcan fluctuaciones drásticas en los termómetros. Este es el periodo en que habrá que realizar el tratamiento fitosanitario.

A nivel experimental, se están realizando ensayos de control de moteado en las variedades Fuji y Golden, en las localidades de Igea y Alfaro desde el año 2008. Para ello, se ha dispuesto de parcelas de control con agricultores colaboradores, en donde se diferenció para cada localidad los siguientes diseños experimentales: una parcela testigo donde no se realizó ningún tratamiento fitosanitario para esta enfermedad; una parcela guiada por los tratamientos fungicidas que recomienda el modelo; y una parcela con tratamientos dirigidos por el agricultor, de la manera que los realiza habitualmente cada año. Las parcelas de ensayo tuvieron como mínimo una superficie próxima a 600 m² de cultivo en regadío.

Para la comprobación del modelo en condiciones de la parcela de cultivo, se procedió a ubicar estaciones meteorológicas automáticas en las propias parcelas de ensayo. A su vez, en cada localidad de ensayo, se encuentra una estación meteorológica de la red SIAR, lo que ha permitido comparar los resultados que el modelo ofrece al emplear una u otra fuente de datos.

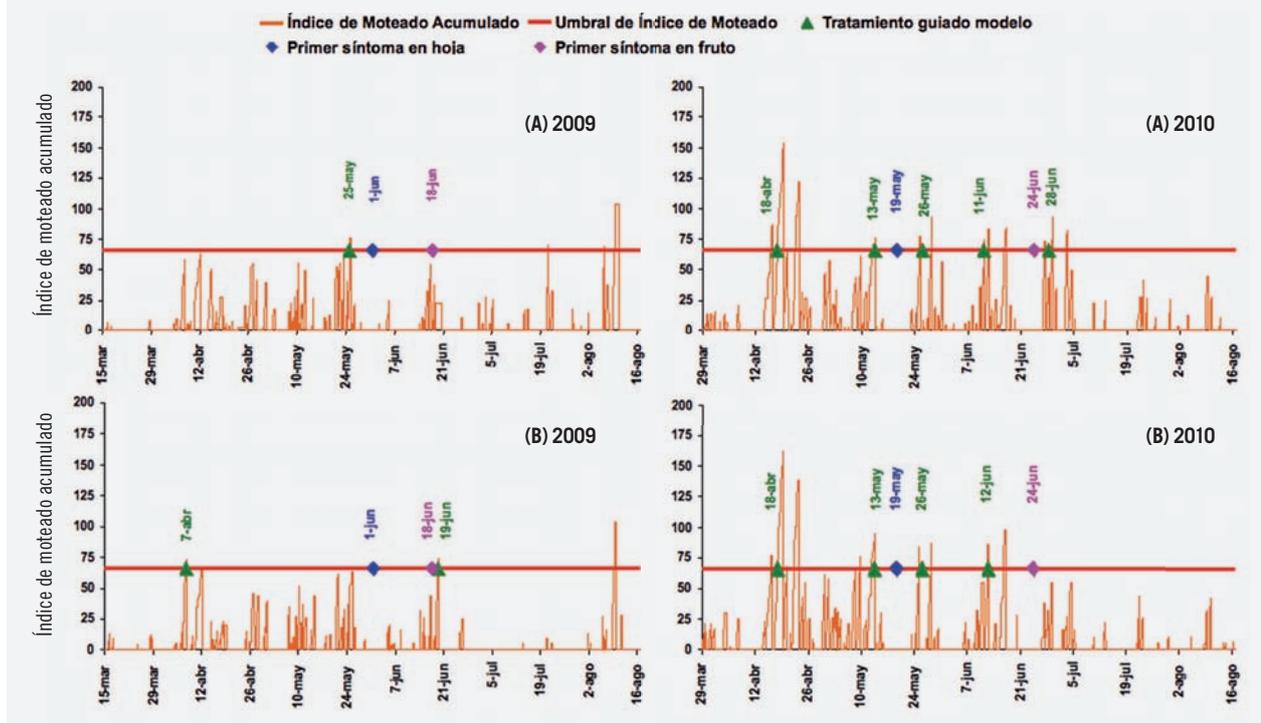
Durante cada campaña, y para cada zona de cultivo, se han calculado diariamente los resultados del modelo y los riesgos de moteado, realizando a su vez el seguimiento sanitario de las parcelas, con especial atención en la zona testigo para observar la incidencia de enfermedad, la severidad de los daños y la fecha de aparición de síntomas en hoja y en fruto. Con ello, se comprobó cómo se ajustaban las fechas de riesgo que ofrece el modelo a la realidad acontecida en campo. Por otro lado, se estableció el programa de tratamientos fungicidas recomendados por el modelo en la parcela guiada, respetando siempre la persistencia del producto empleado.

Una vez dado por finalizado el periodo de riesgo de nuevos ataques de esta enfermedad (a finales de julio), se realizó un conteo de los frutos afectados. Este conteo se efectuó de forma aleatoria en la parcela testigo, en la guiada, y en la parcela tratada de manera habitual, para ambas variedades, comprobándose el estado de unos 400 frutos en cada una de las parcelas.

En la figura 1 se presenta, a título de ejemplo, la información proporcionada por el modelo en Igea para los años 2009 y 2010, la cual hace referencia al peligro potencial de infección en el tiempo, a través del “índice de moteado” calculado con los datos de las dos estaciones, en condiciones de cultivo y en las condiciones de la red SIAR. En dicha figura, además de los riesgos de infección a lo largo de la campaña producidos cuando el “índice de moteado” supera al valor umbral de riesgo, se indican también las fechas de los primeros síntomas y de los tratamientos recomendados.

Se puede observar cómo las fechas de los primeros síntomas de moteado en la parcela testigo quedan incluidas en el periodo cubierto por los tratamientos basados en los momentos de peligro de infección previsto con el modelo. En 2009, aunque los momentos de riesgo

Figura 1. Peligro potencial de infección a través del Índice de Moteado, en una parcela de manzano, en Igea, en 2009 y 2010, calculado mediante una estación ubicada en la parcela de cultivo (A) y la estación de la red SIAR de la misma localidad (B). Se indican las fechas de los primeros síntomas y de los avisos de riesgo en que se recomendó tratamiento



calculados con las dos fuentes de datos meteorológicos no coincidieron, el “índice de moteado” en ambas condiciones fue muy similar. Se observa que se rebasó, por muy poco margen, el umbral de riesgo establecido, no produciéndose un resultado apreciable de frutos dañados (1,5% en la parcela testigo, tabla 1). La recomendación derivada de cualquiera de ambos orígenes de datos resultó suficiente para mantener el cultivo saludable en toda la campaña.

Para todos los años en que se ha realizado este ensayo, las dos fuentes de datos fueron aceptables para la apli-

cación fungicida recomendada, siendo similares los resultados de riesgos proporcionados en ambos casos para el nivel de riesgo establecido.

Los tratamientos realizados empleando la información proporcionada por el modelo (figura 1) fueron suficientes para mantener el cultivo protegido en todos los momentos en que el “índice de moteado” reflejaba riesgos de infección. Según las condiciones climatológicas producidas en cada campaña, el “índice de moteado” registró un comportamiento diferente, alcanzando valores muy elevados en 2008 (*Cuaderno*

de campo, nº 41), casi inexistentes en 2009, y más numerosos y esparcidos en el tiempo en 2010.

El porcentaje medio de frutos con moteado en cada parcela de control, se ha representado en la tabla 1, alcanzando valores altos de frutos dañados en las parcelas testigo en 2008 o 2010, frente a un escaso 2-3% de frutos con moteado en las parcelas que siguieron el programa de tratamientos recomendados por el modelo (porcentaje menor o similar al obtenido en las parcelas tratadas de manera tradicional con un mayor número de tratamientos).



Estación meteorológica en parcela de peral.

Tabla 1. Número de tratamientos y porcentaje de frutos con moteado de manzano en parcelas testigo, guiada con los tratamientos recomendados por el modelo, y con la práctica habitual de control, en Igea

Año		Nº tratamientos/campaña	Frutos dañados (%)
2008	Testigo	0	51
	Guiada	3	3
	Práctica habitual	9	7
2009	Testigo	0	1,5
	Guiada	1	0
	Práctica habitual	5	1
2010	Testigo	0	14
	Guiada	5	2
	Práctica habitual	6	2

Figura 2. Peligro potencial de infección a través del Índice de Riesgo, en una parcela de peral en Albelda de Iregua, en los años 2009, 2010 y 2011, calculado mediante una estación ubicada en una parcela de cultivo (A) y la estación de la red SIAR de la misma localidad (B). Se indican las fechas de los primeros síntomas y de los avisos de riesgo en que se recomendó tratamiento

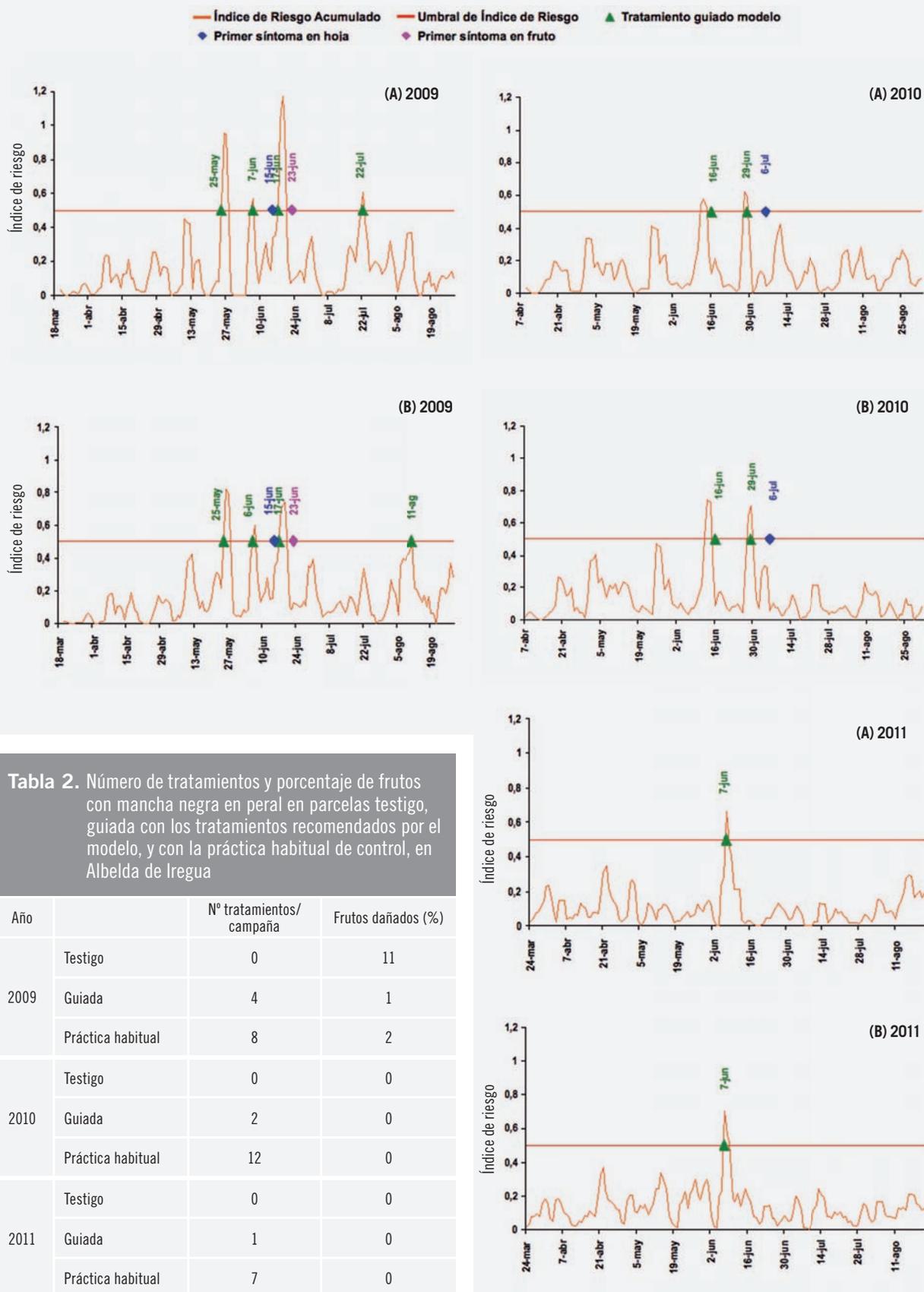


Tabla 2. Número de tratamientos y porcentaje de frutos con mancha negra en peral en parcelas testigo, guiada con los tratamientos recomendados por el modelo, y con la práctica habitual de control, en Albelda de Iregua

Año		Nº tratamientos/campaña	Frutos dañados (%)
2009	Testigo	0	11
	Guiada	4	1
	Práctica habitual	8	2
2010	Testigo	0	0
	Guiada	2	0
	Práctica habitual	12	0
2011	Testigo	0	0
	Guiada	1	0
	Práctica habitual	7	0

Las parcelas que siguieron un programa habitual de tratamientos, dirigido por el agricultor y normalmente basado en una cadencia fija, soportaron en general un número mayor de tratamientos (tabla 1). Ahora bien, cabe destacar que, después de comprobar un ahorro de seis tratamientos en 2008 respecto a la práctica guiada, el agricultor adapta en cierta medida su gestión fitosanitaria a la información proporcionada por el modelo, de ahí la reducción de los tratamientos dirigidos por éste en años posteriores.

Por tanto, se demuestra la importancia de adecuar los momentos de aplicación del tratamiento a la recomendación del modelo, lo que supone un ahorro de tratamientos para un mismo resultado sanitario del cultivo.

Mancha negra del peral

La mancha negra la provoca el hongo *Stemphylium vesicarium* (Wallr.), el cual a principio de la primavera libera sus esporas sexuales y posteriormente, tras la producción de conidias, germina si hay agua disponible en su entorno en función de la temperatura que se dé en las horas con humectación.

Los daños de esta enfermedad se localizan sobre hojas y frutos, los cuales pueden quedar totalmente depreciados con la acción conjunta del hongo *Alternaria*.

El modelo BSPcast (Universidad de Girona) prevé el ataque de esta enfermedad calculando un “índice de riesgo de infección”. Este modelo emplea dos parámetros ambientales: duración del periodo de humectación diario y temperatura media de dicho periodo (calculados a partir de datos con periodicidad horaria). A partir de un umbral de riesgo acumulado, el modelo considera que existe riesgo de infección y, de igual modo que en el moteado, es el momento de realizar el tratamiento fitosanitario.

Los ensayos de control para la prevención de mancha negra en peral de la variedad Conferencia se han efectuado, desde el año 2009, en las localidades de Albelda de Iregua, Rincón de Soto y Alfaro. En este caso, las parcelas de control han contado con una superficie similar al ensayo anterior, también en cultivo en regadío.

El protocolo de ensayo es similar al del moteado de manzano: dos fuentes de datos climáticos (condiciones de cultivo y SIAR) y tres parcelas de control (tes-

tigo, guiada y habitual del agricultor) en cada localidad. Del mismo modo que en manzano, se instalaron estaciones con idénticos sensores en las parcelas de peral, se comprobó el ajuste de las fechas de riesgo que ofrece BSPcast con el estado sanitario del campo, se realizó el programa de tratamientos recomendado por el modelo y, por último, el conteo de frutos afectados por mancha negra.

La figura 2 representa la información proporcionada por el modelo BSPcast en Albelda de Iregua durante las campañas 2009, 2010 y 2011, a través del “índice de riesgo de infección” en el tiempo, calculado con los dos orígenes de datos meteorológicos, en condiciones de cultivo y en las condiciones de la red SIAR.

En dicha figura, se indican los riesgos de infección ocasionados cuando el “índice de riesgo” sobrepasa el valor umbral, las fechas de los primeros síntomas y de los tratamientos recomendados. Se puede observar cómo los primeros síntomas de mancha negra en la parcela testigo se producen en una fecha posterior y próxima a que se establezcan las advertencias de riesgo de enfermedad originadas por el modelo con ambas fuentes de datos, las cuales no mostraron diferencia alguna en los resultados. Únicamente en 2009 no coincidió el último de los cuatro avisos de riesgo, pero al producirse a finales de campaña (agosto), no se consideró significativo a efectos de influir en el cultivo. En esta campaña, el modelo generó mayores valores de “índice de riesgo” y más ocasiones de riesgo de infección. Esto se correspondió con una mayor incidencia de la enfermedad de la parcela testigo (11%), en comparación con las de 2010 y 2011 (tabla 2), cuando el modelo recomendó únicamente dos y un tratamientos respectivamente, que sí produjeron síntomas en hoja.

En la tabla 2 se recoge la información sobre los porcentajes medios de frutos con mancha negra en cada parcela y el número de tratamientos aplicados. Los tratamientos confiados al modelo originaron un ahorro respecto a los aplicados de manera habitual, que representaron la mitad en 2009, y hasta diez tratamientos en 2010, todo ello sin perjuicio sanitario en el cultivo.

Conclusiones

En general, las recomendaciones de estos dos modelos de predicción de mo-

teado y mancha negra para la aplicación fungicida han resultado prácticas, correspondiéndose los momentos de riesgo del modelo con la manifestación de la enfermedad, y originando un ahorro de tratamientos respecto a los aplicados de forma habitual, sin peligro para el cultivo. De este modo se produce una optimización de la práctica fitosanitaria.

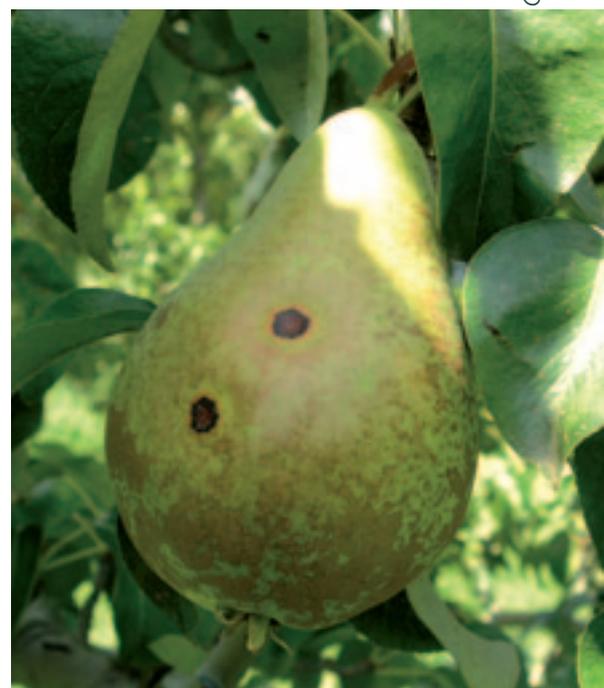
El ahorro de tratamientos puede llegar a ser de gran consideración, repercutiendo de forma muy notable en la rentabilidad del cultivo, su toxicología y en el medio ambiente.

Los riesgos establecidos por el modelo con los dos orígenes de datos, estación específica, en la propia parcela de cultivo, y estación del SIAR más cercana a la parcela de ensayo, no mostraron diferencias significativas para la recomendación de los tratamientos fitosanitarios.

Por todo ello, estos modelos podrían ser utilizados como herramienta de ayuda en la toma de decisiones de agricultores y técnicos de este ámbito, mediante su divulgación en un servicio de avisos.

Agradecimientos

Hay que agradecer la colaboración prestada a los agricultores y explotaciones de Albelda de Iregua, Igea, Alfaro y Rincón de Soto, también al equipo del SIAR y a la Sección de Protección de Cultivos del CIDA.



Mancha negra en peral.