

Predicción de enfermedades foliares en soja. Campaña 2013/14

Ricardo C. Moschini; Malvina I Martínez & Marcelo A. Carmona

Moschini, R.C. Ing Agr, M Sc, Dr. Instituto de Clima y Agua CIRN INTA Castelar

Martínez M.I., Ing Agr, M Sc Instituto de Clima y Agua CIRN INTA Castelar

Carmona, M. A. M Sc, Dr. Profesor Titular Regular Fitopatología FAUBA

Las enfermedades de fin de ciclo (EFC) y la mancha ojo de rana (MOR) son factores reductores del rendimiento del cultivo de soja. La siembra directa y el monocultivo, junto con la siembra de variedades susceptibles provocan condiciones propicias para la multiplicación y supervivencia de los patógenos causantes de ambas enfermedades. La semilla y el rastrojo, constituyen las principales fuentes de inóculo (Carmona et al., 2011). En relación al manejo de estas enfermedades, las principales estrategias para el control incluyen el uso de cultivares tolerantes para EFC o resistentes a MOR, tratamiento con fungicidas en semillas y follaje y el uso de prácticas culturales (rotación de cultivos, fechas de siembra). Mientras las EFC causan un daño promedio de 10 % con un máximo de hasta el 30 % (Wrather et al., 2001), la MOR puede causar daños de 30 al 50 % e incluso hasta más del 70 % en variedades susceptibles (Distéfano & Gadbán 2009; Carmona et al., 2010; Carmona 2011). Las pérdidas causadas por esta enfermedad fueron estimadas en aproximadamente 2000 millones de dólares, convirtiéndola en la enfermedad de mayor importancia de la historia de soja en nuestro país (Odetto & Baigorri, 2010).

Modelos predictivos de las EFC y MOR

Las enfermedades foliares de fin de ciclo más prevalentes e importantes son: mancha marrón (*Septoria glycinis*) y tizón púrpura (*Cercospora kikuchii*). La primera se ubica preferencialmente en el estrato inferior y la segunda en el estrato medio-superior. Los daños oscilan entre 10 al 30%. Existe una relación entre la precipitación pluvial y la severidad foliar de estas EFC estimada entre los estadios R6-R7 de la soja, que permite predecir la intensidad de ataque en base a las precipitaciones ocurridas o pronosticadas entre R3 y R5. (Carmona et al., 2010b). De esta manera, Carmona et al. (2010b) elaboraron un modelo de predicción de la severidad de las EFC en R7 (inicio de maduración) basándose en las precipitaciones que ocurren entre los estadios R3 (inicio de formación de vainas) y R5 (inicio de formación de semilla) del cultivo. La variable DPr7 (días totales con precipitación >7mm) resultó la más fuertemente correlacionadas con los niveles epidémicos. El modelo I de

regresión logística estima la probabilidad de ocurrencia de una epidemia severa (severidad EFC>36%) en base al número de días con precipitaciones mayores a 7 mm entre R3 y R5

$$\text{Modelo I} \quad P_{rS} = 1 / (1 + \exp(-(-31,4516 + 10,0218 * DPr7)))$$

$PrL = 1 - PrS$, siendo PrL la probabilidad de una epidemia ligera a nula ($Sev \leq 36\%$)

La MOR (causada por *Cercospora sojina*) es una enfermedad policíclica, de latencia corta, donde el hongo se muestra a través de los síntomas y signos. En este caso es clave el monitoreo del cultivo. Los síntomas se observan normalmente después de la floración y se hacen muy evidentes desde R3 (inicio de formación de vainas). La utilización de variedades resistentes es la medida de control preferencial. Sin embargo, muchos productores continúan sembrando variedades susceptibles porque las mismas están adaptadas a la región y porque presentan un alto potencial de rendimiento. En esta situación, la única alternativa disponible para evitar los daños en variedades susceptibles es el control químico. Resulta imprescindible elaborar un sistema de predicción del riesgo de la MOR, de modo de poder actuar eficientemente con el tratamiento. Esta predicción complementaria al umbral de daño económico recientemente elaborado que recomienda aplicar cuando el número promedio de lesiones por foliolo central en variedades susceptibles (por ej DM 3700, DM 4670 y NA 4613RG) es de 1 a 3 aproximadamente. (Carmona et al., 2013)

En la campaña 2009/2010 se efectuaron observaciones de progreso epidémico de la MOR en sitios de la región Pampeana (Sepulcri et al., 2013). Para cada sitio se calcularon variables meteorológicas en lapsos previos (9 días) a cada observación epidémica. Se utilizaron datos de estaciones meteorológicas y estimaciones provenientes de sensores remotos. A continuación, se ajustaron modelos de regresión logística para estimar las probabilidades ($PTiSev$) de ocurrencia de tasas epidémicas diarias severas ($TiSev > 0,475$ manchas) y moderadas a nulas ($TiModNu \leq 0,475$ manchas).

$$\text{Modelo II} \quad PTiSev = \exp(-1.5752 + 0.2297 * it1) / (1 + \exp(-1.5752 + 0.2297 * it1))$$

$$PTiModNu = 1 - (PrTiS)$$

Siendo $it1$ la interacción (producto) entre la duración de mojado ($DMoj$: suma los días con ocurrencia simultánea de precipitación y humedad relativa >83% más los días sin precipitación y humedad relativa >85%, dentro de un rango térmico diario entre 15-30°C) y los días sin precipitación ($DsPr$). Las variables hídricas simples ligadas estrictamente a la lluvia (expresada en milímetros o como frecuencia del evento) mostraron valores de correlación muy bajos con los registros de la enfermedad. La variable duración de mojado parece ser más significativa que la ocurrencia de lluvia, principalmente en hongos como *C. sojina*, que no poseen estructuras hidrofílicas que requieren de la lluvia para su dispersión y

ascenso vertical. El viento puede llevar los conidios libres y secos de *C. soja* a estratos superiores o a plantas vecinas, requiriendo posteriormente alta humedad relativa y/o rocío que suministre horas de mojado para la germinación y penetración de dichas esporas, tal como ocurre en otras especies de *Cercospora*. La variable $DsPr$ se asociaría a una mayor heliofanía o luminosidad, la cual en alternancia con la oscuridad nocturna, estimularía la esporulación de *C. soja*.

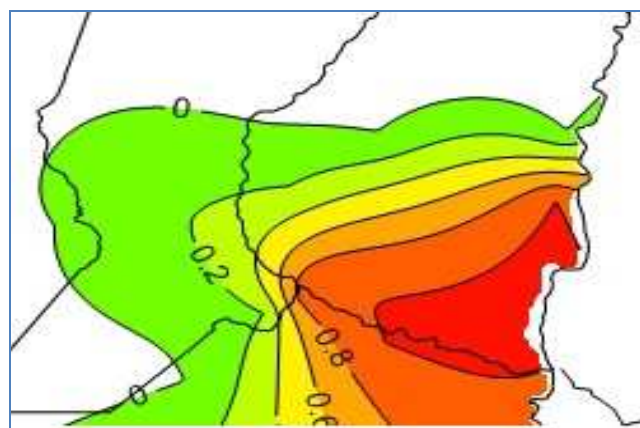
Predicción de las EFC en la campaña 2013/14

El Modelo I fue corrido utilizando la información meteorológica diaria de 14 estaciones meteorológicas automáticas instaladas en la zona núcleo sojera de la región pampeana. Para correr el modelo se fijaron tres lapsos de 17 días en los cuales podría transcurrir el período R3-R5, uno temprano que ocurriría desde el 15 de enero hasta el 1 de febrero, medio del 20/1 al 6/2 y tardío del 25/1 al 11/2. En la figura 1 se observan los respectivos mapas de distribución de los valores de probabilidad de tener un nivel severo de EFC (PrS) en el estadio R7. El escenario de mayor riesgo ($PrS > 0,5$) se va incrementado a medida que el período R3-R5 se atrasa y se concentra en fines de enero-principios de febrero (dos mapas inferiores). El escenario de mayor riesgo para las EFC se observa en una banda en sentido NO-SE del área núcleo sojera, comprendiendo el centro de Santa Fé, S-SE de Entre Ríos y extremo NE de Buenos Aires. En este sector de mayor riesgo de epidemias severas, el número de días con precipitaciones mayores a 7 mm osciló entre 6 (temprano) a 9 días (tardío).

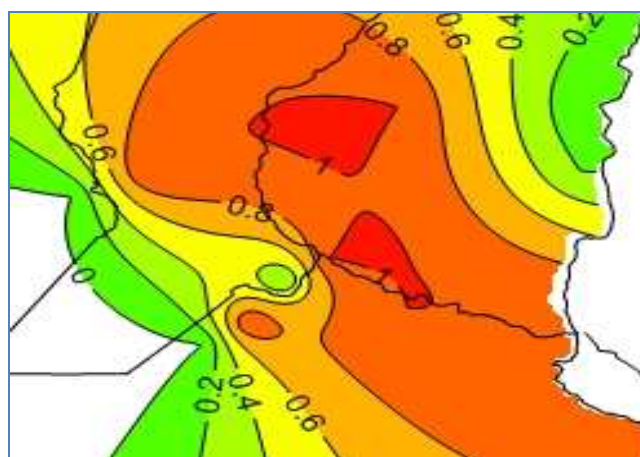
Predicción de la MOR en la campaña 2013/14:

Utilizando el Modelo II, se pudo calcular y graficar la evolución diaria de la probabilidad de ocurrencia de un nivel severo de MOR ($PTiSev$), expresado como tasa diaria de incremento en el número de manchas y de la principal variable meteorológica ($it1 = DMoj \times DsPr$), para los primeros 43 días del año 2014 en varios sitios del área núcleo sojera (Figuras 2 a.6). Al procesar las variables meteorológicas dentro de los 9 días previos a cada observación de incremento epidémico, se podría predecir un ataque con suficiente antelación para proceder a ejecutar la logística del monitoreo y un eventual control químico oportuno. La probabilidad de ocurrencia de una tasa de incremento epidémico severo supera 0,5 a partir del 28-29 de enero en San Pedro, Paraná y Venado Tuerto, atrasándose a los primeros días de febrero en M. Juárez y en Nueve de Julio. Solo en San Pedro y Paraná se produjeron además condiciones meteorológicas favorables a mediados y principio de enero respectivamente, que llevaron a un riesgo epidémico de baja intensidad ($PTiSev = 0,5$). Probabilidades de epidemias

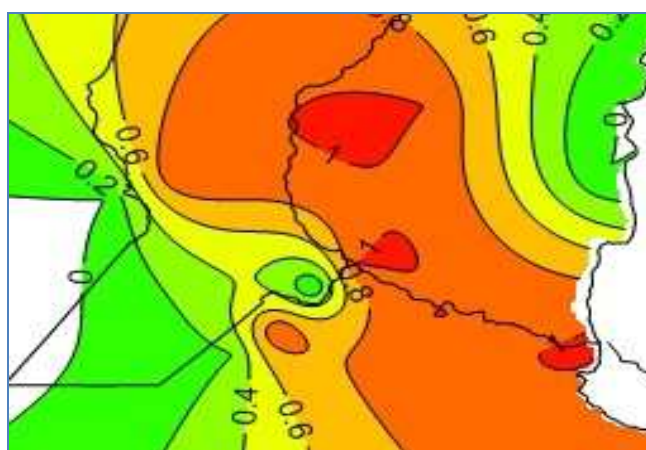
severas ($PTiSev > 0,75$) estuvieron acompañadas por valores $it1$ que asociaron días sin lluvias (alta luminosidad) con días con ocurrencia de mojado por rocío (días sin lluvia con alta HR) y por precipitación (lluvias con HR alta). Esta situación favorable fue persistente en el litoral del NE bonaerense, sur de Santa Fé y este de Entre Ríos.



R3:15/1 - R5: 1/2



R3: 20/1 - R5:6/2



R3: 25/1 - R5:11/2

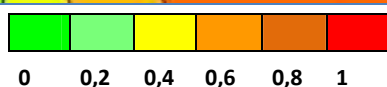


Figura 1. Probabilidad de tener un nivel severo de EFC (en R7) en la zona núcleo sojera de la región pampeana en base al modelo predictivo I ($PrS = 1/(1 + \exp(-(-31,4516 + 10,0218 * DPr7)))$; $PrL = 1 - PrS$),

corrido en tres lapsos de 17 días entre R3 y R5: **temprano: 15/1-1/2; medio: 20/1-6/2; tardío: 25/1-11/2**

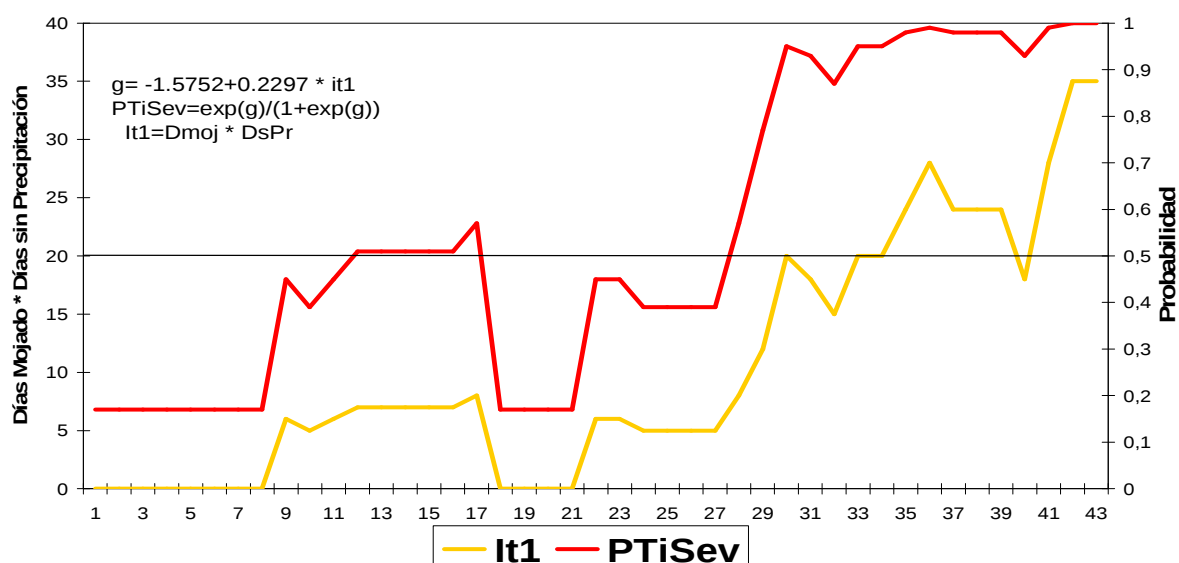


Figura 2. Evolución de la probabilidad de ocurrencia de epidemias severas de MOR expresada como tasa diaria de incremento en el número de manchas (TiNM) estimada por el modelo II y de la variable regresora It1 (DMoj*DsPr) para los primeros 43 días del año 2014 en San Pedro, provincia de Buenos Aires. DMoj: días de mojado por lluvia y/o rocío. DsPr: días sin precipitación.

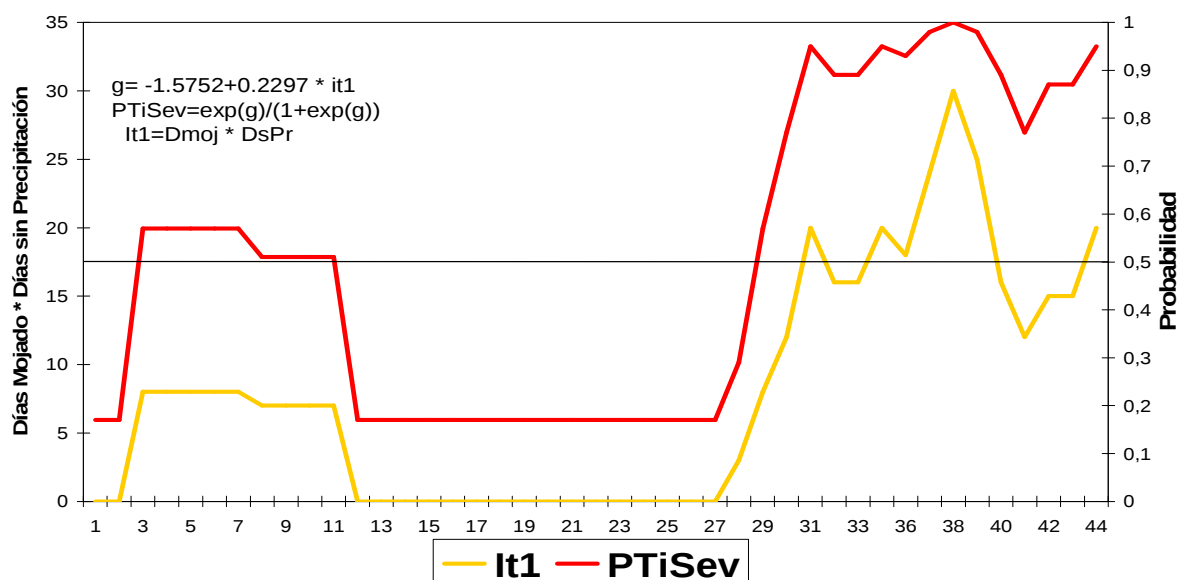


Figura 3. Evolución de la probabilidad de ocurrencia de epidemias severas de MOR expresada como tasa diaria de incremento en el número de manchas (TiNM) estimada por el modelo II y de la variable regresora It1 (DMoj*DsPr) para los primeros 43 días del año 2014 en Paraná, provincia de Entre Ríos. DMoj: días de mojado por lluvia y/o rocío. DsPr: días sin precipitación.

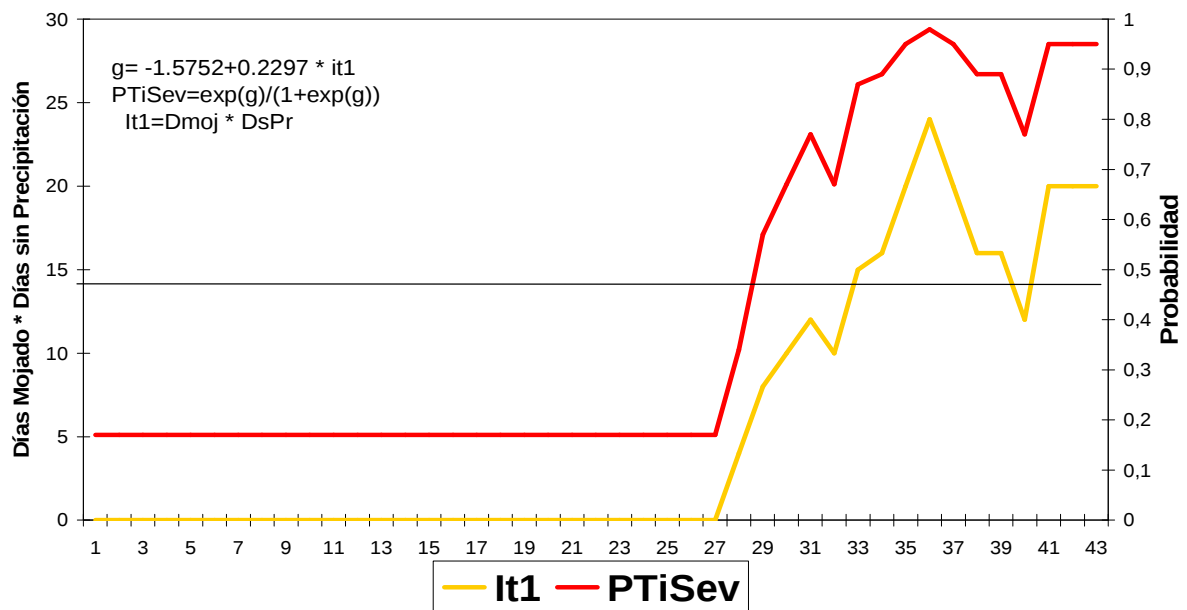


Figura 4. Evolución de la probabilidad de ocurrencia de epidemias severas de MOR expresada como tasa diaria de incremento en el número de manchas (TiNM) estimada por el modelo II y de la variable regresora It1 (Dmoj*DsPr) para los primeros 43 días del año 2014 en Venado Tuerto, provincia de Santa Fe. Dmoj: días de mojado por lluvia y/o rocío. DsPr: días sin precipitación.

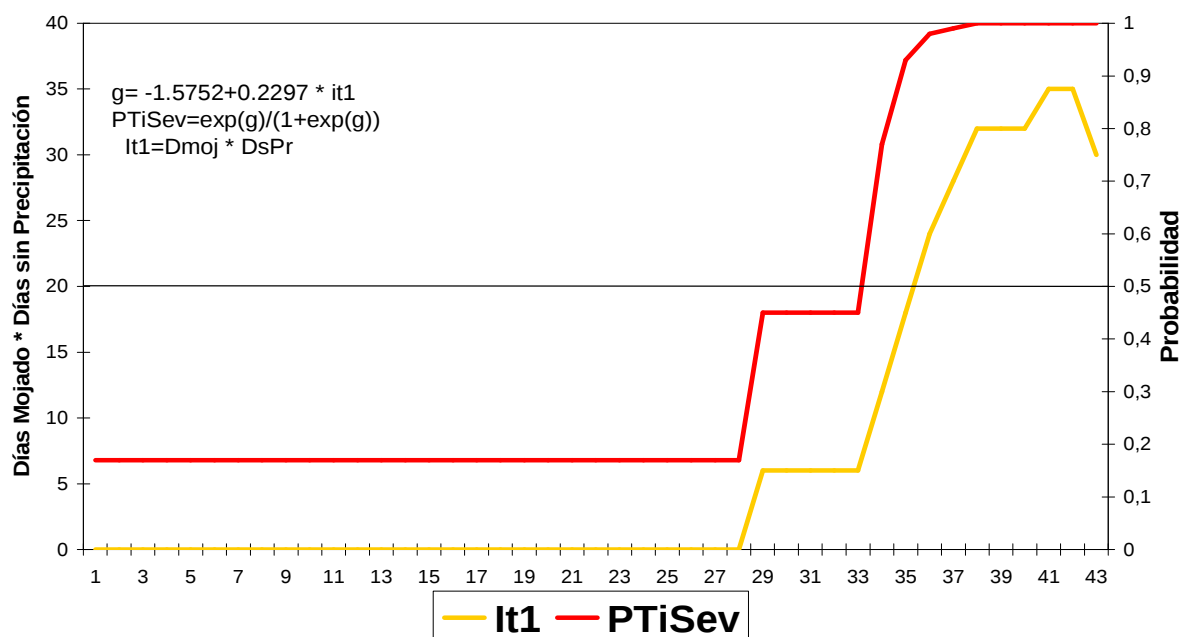


Figura 5. Evolución de la probabilidad de ocurrencia de epidemias severas de MOR expresada como tasa diaria de incremento en el número de manchas (TiNM) estimada por el modelo II y de la variable regresora It1 (Dmoj*DsPr) para los primeros 43 días del año 2014 en M. Juárez, provincia de Córdoba. Dmoj: días de mojado por lluvia y/o rocío. DsPr: días sin precipitación.

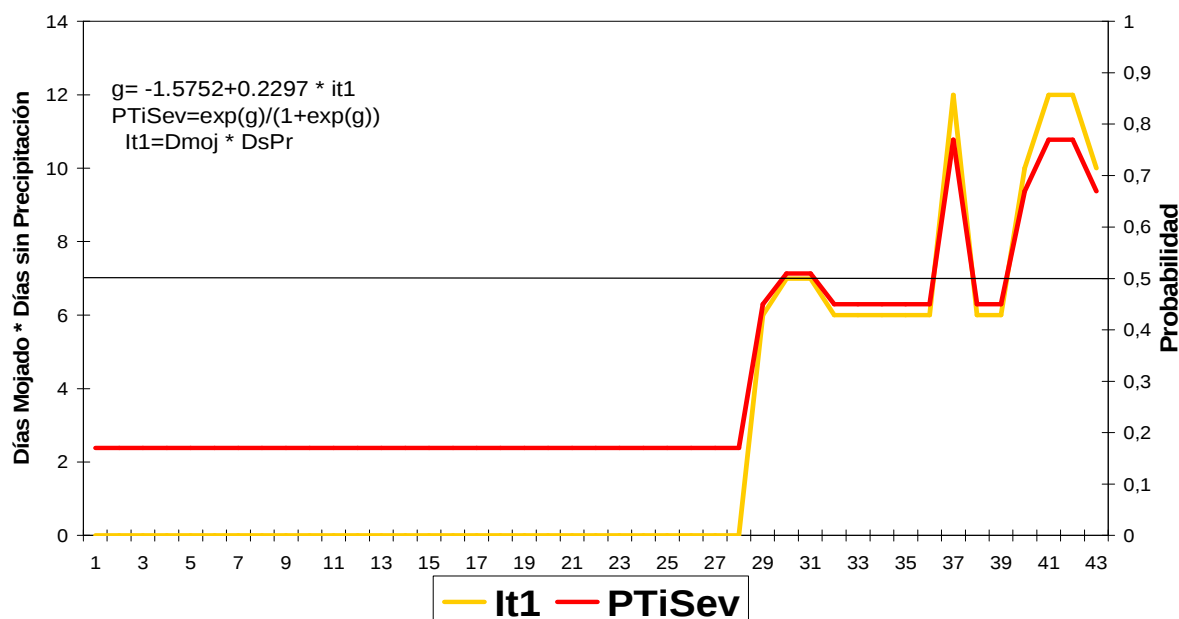


Figura 6. Evolución de la probabilidad de ocurrencia de epidemias severas de MOR expresada como tasa diaria de incremento en el número de manchas (TiNM) estimada por el modelo II y de la variable regresora It1 (Dmoj*DsPr) para los primeros 43 días del año 2014 en Nueve de Julio, provincia de Buenos Aires. Dmoj: días de mojado por lluvia y/o rocío. DsPr: días sin precipitación.

Consideraciones sobre el manejo químico de las enfermedades de fin de ciclo de la soja

Las respuestas de rendimiento agronómico por las aplicaciones de fungicida difieren significativamente entre campañas agrícolas, siendo las precipitaciones entre R3 a R5 las que mejor explican la variabilidad del impacto del uso de fungicidas en el rendimiento (más del 80 % de la variabilidad en las respuestas de rendimiento a la aplicación de fungicida es explicada por la cantidad de lluvia acumulada entre R3 y R5 ($P < 0.001$)). *Las lluvias entre R1 a R3 no son significativas para explicar respuesta al uso de fungicidas.*

El beneficio potencial de la acción de los fungicidas en el rendimiento de soja depende de la cantidad de lluvia registrada en el intervalo R3-R5, pero el momento preciso de la aplicación dependerá del ambiente y las lluvias durante dicho período crítico. Dependiendo de las condiciones ambientales, la aplicación de fungicida podría realizarse en R3, R4 o R5. Hay dos opciones (i) medir la cantidad de lluvias desde R3 en adelante y cuando las lluvias acumuladas alcancen (para este año) 50-60 mm, proceder con la aplicación del fungicida o (ii) Proceder en base a un pronóstico climático muy preciso (tiempo y volumen). En este caso, cuando el pronóstico predice la ocurrencia de 50-60 mm de lluvia entre R3 y R5, proceder a la aplicación antes del comienzo de las precipitaciones. En este último caso hay más riesgo, pues depende del pronóstico.

En años lluviosos la mezcla de estrobilurina y triazol producen una mayor respuesta de rendimiento en comparación con otras moléculas (triazoles, bencimidazoles).

En años en donde durante el periodo entre R3-R5 presente 100 mm o más, debido a la necesidad de aumentar el periodo de protección e incrementar la prevención, ***es recomendable aumentar la dosis comercial de la mezcla de estrobilurina y triazol hasta un 20 %.***

La respuesta en el rendimiento es mayor para las aplicaciones en R3 en comparación con las de R5, cuanto más lluviosos sea el año. Si llueve 50-60 mm las respuestas son semejantes para ambos momentos, pero a medida que la lluvias se incrementan, las aplicaciones realizadas en R3 son significativamente superiores a las de R5 (por ejemplo con 120 mm la respuesta en R3 es de 400 kg/ha y en R5 de 320 kg/ha).

Consideraciones sobre el manejo químico de la mancha ojo de rana

- 1) Analizar la predicción climática relacionada con los alertas de ataque
- 2) La MOR puede comenzar desde vegetativo y ser destructiva. Se debe comenzar a monitorear más temprano (Ej desde estadios vegetativos).
- 3) La MOR puede reaparecer o intensificarse en estadios avanzados afectando en el peso y la calidad. Se debe finalizar más tarde (Ej R6) y contar el número de manchas. Frecuencia: 3 - 7 días; Tomar 10- 20 plantas por situación de cultivo, Separar los folíolos centrales del tallo principal y contar el número de lesiones por cada folíolo. Calcular el número promedio de lesiones por folíolo.
- 4) Las estrobilurinas más triazol, son mezclas de moléculas que han demostrado efectividad contra la MOR Además son también efectivas contra EFC.
- 5) Se recomienda aplicar cuando el número promedio de lesiones por folíolo central en variedades susceptibles (por ej DM 3700, DM 4670 y NA 4613RG) es de aproximadamente 1 a 3.
- 6) En variedades susceptibles y ambiente favorable la infección puede re emerger en las vainas, tallos y semillas en R6. En estos casos se afecta significativamente el peso de 1000 semillas, por lo cual una aplicación en este estadio (de triazol, mezcla de triazoles o triazol más bencimidazol), buscaría preservar la sanidad de las vainas y semillas, además del peso de las mismas

Conclusiones finales:

- Hasta el presente, tanto por el número de días con precipitaciones mayores a 7 mm como por el agua total acumulada por precipitaciones, registrados en la segunda quincena de enero y primera de febrero de 2014, han permitido definir un **escenario de alto riesgo para enfermedades de fin de ciclo**, principalmente en una banda que se extiende desde el NO al SE del área núcleo sojera de la región pampeana. Esta situación justifica la toma de decisión de control químico.

- Para la mancha ojo de rana (MOR), **una alta probabilidad de ocurrencia** de una tasa de incremento epidémico severo se estabilizó a partir del 28-29 de enero en el litoral del NE bonaerense, sur de Santa Fé y este de Entre Ríos. En esta zona, altas probabilidades de epidemias severas ($PTiSev > 0,75$) se asociaron a la ocurrencia de días sin lluvias (alta luminosidad) alternando con el registro de mojado por rocío (días sin lluvia con alta humedad relativa) y/o por precipitación (días de lluvia con alta humedad relativa). Esta condiciones meteorológicas favorables se atrasaron (y debilitaron) a los primeros días de febrero en otros sitios del oeste del área núcleo sojera como M. Juárez y Nueve de Julio.

Bibliografía

- Carmona M, Formento N y Scandiani M (2010) Mancha ojo de rana. 48 pp.
- Carmona M, Moschini RC, Cazenave G y Sautua F (2010) Relación entre la precipitación registrada en estados reproductivos de la soja y la severidad de *Septoria glycines* y *Cercospora kikuchii*. *Tropical Plant Pathology* 35:71-78.
- Carmona, M. 2011. Damages caused by frog-eye leaf spot and late season disease in soybean in Argentina and control criteria. *Tropical Plant Pathology* vol. 36 1356-1358.
- Carmona, M.; Sautua, F., Perelman, S.; Reis, E. & Gally, M. 2011 Relationship between Late Soybean Diseases Complex and rain in determining grain yield responses to fungicide applications. *Journal of Phytopathology* 159: 687–693.
- Carmona, M.; Sautua F.; Gally, M.; Mónaco, C. & Reis, E. M. 2013 Sustainable chemical control of frog-eye leaf spot and late season diseases of soybean in Argentina Abstract 228: World Soybean Research Conference 2013 - Durban South Africa February 17-22, 2013.
- Sepulcri M.G., Moschini R.C., Carmona M 2013. Soybean frog-eye leaf spot (*Cercospora sojina*): preliminary weather-based prediction models developed from weather station and satellite data. Inédito. Enviado para publicación
- Distéfano, S.G. & L.C. Gadbán. 2009a. Estimación de pérdidas de rendimiento causadas por la “mancha ojo de rana” en diferentes cultivares de soja. *Proceedings of XIII Jornadas Fitosanitarias Argentinas*. AAF, Río Hondo, Santiago del Estero. E031.
- Odetto, S. & H. Baigorri. 2010. Taller Nacional sobre la Mancha ojo de rana. EEAA INTA Marcos Juárez.
- Wrather, J. A., T.R. Anderson, D.M. Arsyad, Y. Tan, D. Ploper, A. Porta-puglia, H.H. Ram & J.T. Yorinori. 2001. Soybean disease loss estimates for the top ten soybean-producing countries in 1998. *Canadian Journal of Plant Pathology* 23: 115-121.