

# SISTEMAS DE PREDICCIÓN PARA ENFERMEDADES EN CEREALES DE INVIERNO: FUSARIOSIS Y BRUSONE

José Maurício Fernandes<sup>1</sup>  
Willingthon Pavan<sup>2</sup>

El manejo integrado de las enfermedades del trigo y de la cebada recomienda el uso de múltiples estrategias, incluido, cuando sea posible, un sistema racional para la predicción de epidemias. Un sistema de apoyo para la toma de decisión puede ser un instrumento de gran utilidad para los agricultores y asesores técnicos proporcionando información estratégica para el uso de algunas tácticas de control, especialmente, la aplicación de fungicidas. Las estimaciones de enfermedades de los cereales de invierno constituyen un componente bien establecido de la epidemiología cuantitativa que rápidamente se está incorporando al manejo de enfermedades. El análisis matemático del progreso de las enfermedades ha madurado hasta el punto de convertirse, además de crucial en epidemiología comparativa, en una herramienta poderosa y un respetado componente en la evaluación y en la predicción del manejo de riesgos de enfermedades de las plantas.

Las estimaciones de las enfermedades se hacen, generalmente, por modelos que describen procesos epidemiológicos, un gran número de ejemplos se encuentran disponibles en la literatura. Sin embargo, muchos sistemas de predicción de enfermedades de las plantas no han cumplido las expectativas que para ellos se tenía en el manejo de las enfermedades. Varias son las razones que contribuyen a su limitada adopción entre las que se puede citar la necesidad real en algunos sistemas productivos, el exceso de complejidad o incluso simplicidad de algunos modelos, la falta de portabilidad que requiere de esfuerzos continuos de validación, alto costo de la ejecución y manteni-

miento de sistemas basados en estaciones, la falta de interés o aversión al riesgo por parte de los usuarios, entre otros. Idealmente, un sistema de predicción de enfermedades debe ser capaz de hacer proyecciones futuras de los principales acontecimientos en el desarrollo de las enfermedades, lo que la mayoría no hacen. En consecuencia, una nueva faceta es la posibilidad de utilizar pronósticos del tiempo y clima como entradas en modelos para que un sistema pueda realmente pronosticar situaciones de riesgo.

Con la mejora de la calidad de los pronósticos del tiempo y clima, una estimación más precisa de variables importantes para los modelos de enfermedades de las plantas, tales como las precipitaciones, humedad relativa y la temperatura, es posible hacer estimaciones sobre la probabilidad de ocurrencia de enfermedades y predecir la aparición o ausencia de epidemias severas. De tal modo, se reducen los riesgos de aplicaciones en momentos no apropiados o de aplicaciones innecesarias, con los consiguientes beneficios económicos y ambientales.

Este trabajo describe una plataforma llamada SISALERT, especialmente diseñada para albergar modelos de simulación, coleccionar datos y enviar, en formato tabular o gráfico, el resultado de las salidas de los modelos de simulación de epidemias de enfermedades en plantas. Estos modelos pueden ser simples, como los representados por una o pocas ecuaciones matemáticas, o complejos, como los modelos que buscan imitar el ciclo de las enfermedades. En la plataforma, la colecta de datos meteorológicos se hace en tiempo casi real a través de las or-

<sup>1</sup>EMBRAPA Trigo, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de Passo Fundo, Brasil.

ganizaciones responsables de toma y distribución de los datos. Por ejemplo, el INMET (Instituto Nacional de Meteorología) proporciona datos horarios observados y el INPE (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales) proporciona pronóstico de datos generados por modelos numéricos en cuadrícula de 15 x 15 km. El PostgreSQL, un sistema de gestión de bases de datos regionales, es utilizado para almacenar datos y salidas de los modelos. Para los modelos de enfermedades se aplica lenguaje computacional Java, orientado a objetos. Las salidas de los gráficos se aplican en R, un lenguaje computacional y estadístico. Para facilitar el acceso del usuario e interpretación de la información generada por modelos simulados se utiliza un API del Google Maps, distribuido libremente y ampliamente conocido por el público en general. Además, para aquellos usuarios registrados en la plataforma pueden aplicarse servicios de mensaje.

El conocimiento epidemiológico disponible fue utilizado para desarrollar un modelo de simulación para predecir, en cultivos comerciales de trigo, el riesgo de infección por *Gibberella zeae* y *Magnaporthe grisea*, respectivamente, agentes causales de la Fusariosis y del Brusone del trigo, bajo las condiciones del sur de Brasil. Los modelos han sido evaluados e incorporados en un sistema web para advertir el riesgo de Fusariosis y Brusone dentro de la temporada usando observaciones locales y pronósticos meteorológicos para cinco días. También fueron desarrolladas herramientas web para generar mapas de riesgo para cada una de las enfermedades para una amplia región geográfica. Los mapas de riesgo son imágenes generadas por computador, que representan el riesgo de infección y en las que se utilizan técnicas especiales de interpolación de puntos. Las estimaciones de los riesgos son específicas del sitio de la estación meteorológica y los pronósticos de tiempo para una región de cultivo. Los mapas de riesgo

son hechos en capas transparentes superpuestas a un mapa geográfico del Google.

Ambos modelos de simulación de enfermedades de la espiga del trigo deben recibir la fecha de la aparición de las primeras espiguillas (Estadio 51 en la escala de Zadoks) para iniciar el proceso de aparición de espigas, floración y llenado del grano. Para la fusariosis de la espiga de trigo, el período de susceptibilidad a la infección por *G. zeae* es el período en el que las anteras están presentes y expuestas en la espiga. La proporción de anteras presentes y expuestas es una función de la temperatura, la intensidad de la radiación solar y la humedad relativa. Un período favorable para la infección es definido por una función matemática que incluye las variables independientes temperatura, horas de humedad relativa (> 80 %) y días consecutivos con lluvia por una ventana móvil de dos días. Para el Brusone de trigo, el período de susceptibilidad es más amplio que el de fusariosis y abarca desde el comienzo de la floración hasta la etapa de grano pastoso (Estadio 85 en la escala de Zadoks). Un período predisponente se calcula por una función matemática que tiene como variables independientes la temperatura, la humedad y el viento. La liberación de conidios de *M. grisea* ocurre en condiciones de altas temperaturas (25 a 28 °C) y alta humedad relativa ( $\geq 93\%$ ). La intensidad del riesgo es acumulativa y condicionada por la duración del período predisponente para el desarrollo de Brusone.

Esta plataforma está disponible para el acceso público y sin restricciones en URL [www.sisalert.com.br](http://www.sisalert.com.br). El número de solicitudes es supervisado por Google Analytics. Los informes muestran que el sitio de SISALERT recibe visitas de diferentes partes de Brasil y que el mayor número es concentrado durante el período de cultivo del trigo. Durante la presentación se hará una demostración de las funciones de SISALERT.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALVES, K. J. P.; FERNANDES, J. M. C. 2006. Influência da temperatura e da umidade relativa do ar na esporulação de *Magnaporthe grisea* em trigo. *Fitopatol. bras.*, 31: 579-584.
- CHOW, T. E. 2008. The potential of maps apis for internet gis applications. *Transactions in GIS* 12(2): 179-191.
- DEL PONTE, E.; FERNANDES, J.M.; PAVAN, W. 2005. A risk infection simulation model for fusarium head blight of wheat. *Fitopatol. bras.* 30: 634-642 .
- FERNANDES, J. M.; PONTE, E. D.; PAVAN, W.; CUNHA, G. 2007a. Climate Prediction and Agriculture. Springer Berlin Heidelberg, Ch. Web-Based System to True-Forecast Disease Epidemics - Case Study for Fusarium Head Blight of Wheat, p. 265-271.
- FERNANDES, J. M.; PONTE, E. D.; PAVAN, W.; CUNHA, G. 2007b. Wheat Production in Stressed Environments. Springer Netherlands, Ch. Web-Based System to True-Forecast Disease Epidemics, p. 259-264.
- PAVAN, W.; FERNANDES, J. M. C.; SANHUEZA, R. M. V.; DEL PONTE, E.; CERVI, C. R.; DALBOSCO, J. 2006. Web-based system to true-forecast disease epidemics - Sisalert. En: *Proceedings of Computers in Agriculture and Natural Resources, 4th World Congress Conference*. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- SEEM, R. 2001. Plant disease forecasting in the era of information technology. En: *Plant Disease Forecast: Information Technology in Plant Pathology*. Kyongju, Republic of Korea.
- El trigo en Europa y América del Sur por lo común se ha considerado una amenaza al suministro mundial de alimentos (Goswami y Khan, 2004). Noélin país no ha sido la excepción a este problema. En realidad, en la década pasada, en un año de cada dos, en promedio, se han registrado brotes importantes o severos de la misma (Pereira y Díaz, 2003; Díaz de Ackermann y Kobil, 2007; Pereira y Díaz de Ackermann, 2003). Es así que en las zafas 2001-2002 y 2002-2003 esta enfermedad tuvo una muy alta incidencia en nuestro país, con un fuerte impacto en los rendimientos de grano y la comercialización del grano y sus productos (Pereira, 2003).
- Esta enfermedad puede ser producida por hongos de varias especies pertenecientes al género *Fusarium*, entre las que se encuentran *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. pseudograminearum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. acuminatum* y *F. sporotrichoides* (Demekle et al., 2005). La infección de los granos, por estos hongos, es causa de pérdidas de rendimiento y calidad. Además, se ha demostrado, que cepas de algunas de las especies fúngicas man-
- El principal agente etiológico de esta enfermedad, a nivel mundial, es *Fusarium graminearum*. Dentro de esta especie se han reconocido hasta el momento, 13 linajes diferentes, los cuales según O'Donnell et al. (2004) y Staley et al. (2007) son filogenéticamente diferentes y deben ser considerados como especies diferentes. Los hongos pertenecientes a este grupo producen micotoxinas del tipo B y se pueden agrupar en tres quimiospecies diferentes, dependiendo del patrón de esteroides que producen: quimiospecie B1V, aquellas que producen nivalenol y derivados similares, quimiospecie B2DON, aquellas que producen deoxinivalenol y 3-acetil-deoxinivalenol y quimiospecie B3DON,