

ENFERMEDADES FOLIARES DEL TRIGO: Entender cómo funciona el sistema cultivo-enfermedad, puede ayudar a tomar mejores decisiones de control?

Ramiro Carretero

Facultad de Agronomía, UBA; Av. San Martín 4453 (C 1417 DSE)

Agroconsultas Online

1. INTRODUCCIÓN

Considerando la magnitud de las pérdidas de rinde que ocasionan, las principales enfermedades foliares que afectan al cultivo de trigo en la región pampeana argentina son: roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks.), mancha amarilla de la hoja [*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. (anamorfo: *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker)], y septoriosis de la hoja [*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schröter in Cohn (anamorfo *Septoria tritici* Roberge in Desmaz.)].

Hoy en día, la gran mayoría de las decisiones de control de enfermedades en el cultivo de trigo se toman mediante el uso de umbrales de acción, definido como nivel de enfermedad (*incidencia*: proporción de hojas enfermas- o *severidad*: proporción de área foliar enferma) que justifica económicamente su control Munford y Norton (1984). Estos umbrales se construyen a partir de información empírica (ensayos) que evalúan cual es la pérdida de rinde que originan diferentes niveles de enfermedades y, como tal, son muy dependientes de las condiciones (cultivar, manejo, ambiente) en las cuales se obtienen, limitando su extrapolabilidad a otras situaciones (Gaunt, 1995).

El impacto de una enfermedad sobre el rinde de un cultivo dependerá, además del nivel de enfermedad: del momento del ciclo del cultivo en que se alcance tal nivel, de la posición vertical del canopeo en que aparezca la enfermedad, del estado y cobertura foliar del cultivo, del potencial de rinde del mismo y del comportamiento sanitario de la variedad sembrada. Por otra parte, la toma de la decisión de control dependerá mucho de poder predecir cómo será la evolución en el tiempo de una determinada enfermedad en el cultivo.

Por ello, si bien estas herramientas (umbrales de acción) son muy prácticas y útiles, a la hora de tomar decisiones a campo es necesario complementarlas con el conocimiento del sistema en su conjunto. Para el caso en cuestión, manejo de enfermedades en el cultivo de trigo, puede decirse que el sistema está compuesto por el cultivo, los patógenos y la modulación de su interacción por el ambiente. Es el objetivo de este breve artículo describir y analizar las características de estos componentes del sistema que pueden ser útiles conocer a la hora de tomar decisiones de control de enfermedades foliares en el cultivo de trigo.

2. EL CULTIVO

2.1. Generación de rinde:

Desde un punto de vista eco-fisiológico puede decirse que, en ausencia de limitaciones hídricas o nutricionales, el rinde de un cultivo depende fuertemente de la cantidad de

radiación solar que éste sea capaz de capturar. Tal captura de radiación será máxima cuanto mayor sea la cobertura foliar hasta un máximo, en plena cobertura (cultivo “cerrado”), en el que se intercepta la casi totalidad de la radiación que incide sobre el cultivo. A su vez, para que tal radiación sea convertida en biomasa con la mayor eficiencia posible, debe ser capturada por área foliar verde y sana.

Las enfermedades foliares del cultivo de trigo pueden entonces afectar el rinde del cultivo a través de su efecto en las variables eco-fisiológicas mencionadas. Por un lado, pueden reducir el nivel de cobertura foliar por un incremento de la abscisión (caída) de hojas (muy común en soja y girasol) y/o por la mortandad de macollos (o disminución de su generación) (Bancal y otros 2007; Serrago y otros 2009; Carretero y otros 2010). Es de importancia conocer que este efecto, será menor en aquellos cultivos con mayor cobertura foliar, y principalmente en aquellos cultivos que tengan un nivel de cobertura superior al que permita interceptar la totalidad de la radiación incidente (plena cobertura), tal como lo demuestran Carretero et al. (2010) y lo sugieren otros trabajos (Cornish y otros 1990; Paveley y otros 2001). Por otro lado, las enfermedades foliares causan lesiones en las hojas que interceptan radiación solar, la cual no puede ser utilizada para producir biomasa por el cultivo. Además, disminuyen la funcionalidad de el área foliar circundante a la lesión.

Otro aspecto del cultivo importante es que no todas las hojas tienen la misma importancia en términos de captura de radiación. La mayor proporción de la radiación que incide sobre el mismo es capturada, como es lógico, por las hojas superiores siendo esto más marcado cuanto más “cerrado” se encuentre el mismo. Por ello, este es otro de los puntos al que se le debe prestar atención a la hora de tomar decisiones de control de enfermedades foliares. Así, de acuerdo con algunos trabajos (Robert y otros 2004; Bancal y otros 2007; Carretero y otros 2010) las enfermedades foliares del trigo provocan una mayor reducción en la captura de radiación cuando afectan las hojas superiores. En este sentido, Carretero et al. (2010) observaron que los patógenos que en general provienen del rastrojo (ejemplo: *Drechslera tritici-repentis* causante de la mancha amarilla y *Septoria tritici* causante de la septoriosis de la hoja) redujeron el área verde de las hojas basales del canopeo con un efecto leve sobre la hoja bandera. Contrariamente, la roya de la hoja (*Puccinia triticina*, patógeno de esporas livianas dispersadas por el viento) causan importantes reducciones del área verde de las hojas superiores.

2.2. Momentos del ciclo de cultivo:

La importancia en la generación de rinde del cultivo de trigo varía a lo largo de su ciclo, es decir, no todas las etapas tienen la misma importancia en términos de generación de rendimiento. Así, durante el período que va desde 20 días previos a 10 días posteriores a floración (aproximadamente) en el que existe un activo crecimiento de la espiga (previo a floración) y el cuaje de los granos (luego de floración) se define de manera importante el número de granos, componente principal del rendimiento (Fischer, 1985; Miralles y Slafer, 1999). El impacto de las demás etapas del ciclo del cultivo en la generación de rinde es relativamente menor.

Sin embargo, lo que suceda con el crecimiento del cultivo en la etapa de llenado de granos puede originar cambios en el rinde en determinadas situaciones de manejo y/o

ambientales. Si bien, en el cultivo de trigo, el peso de los granos está menos asociado al rinde (es poco variable), cualquier reducción en el mismo causará una merma directa de producción dado que no existen posibilidades de compensación. En este sentido, en cultivos en los que se fije un alto número de granos será necesaria una mayor disponibilidad de recursos (tasa de crecimiento) para poder llenarlos, en relación a un cultivo con menor número de granos fijados. Con la tecnología de producción y material genético actuales es muy común lograr altos números de granos en zonas agroclimáticas de alto potencial productivo. En tales situaciones, lo que suceda con la tasa de crecimiento durante el período de llenado de granos tendrá un impacto importante en el nivel de rinde logrado.

Aquí tenemos otra característica del sistema que no debemos desconocer a la hora de tomar una decisión de control de enfermedades. Es importante conocer en qué etapa del cultivo nos encontramos al momento en que las enfermedades aparecen en niveles importantes dado que, por lo explicado, un mismo nivel de enfermedad tendrá un impacto diferente sobre el rinde dependiendo de la etapa del cultivo en que nos encontremos. A su vez, es importante conocer que mantener una alta tasa de crecimiento (hojas verdes y sanas) durante la etapa de llenado de granos puede redundar en incrementos de rinde en situaciones en que se fije un alto número de granos (situaciones de alto potencial de rinde).

3. LOS PATÓGENOS:

Como se mencionó al inicio del artículo, las principales enfermedades del cultivo de trigo son roya de la hoja, mancha amarilla y septoriosis de la hoja. Existen diferencias entre los patógenos que causan cada una de estas enfermedades en el modo en que comienza la infección y las condiciones ambientales requeridas para que ello suceda, así como en la tasa de desarrollo de la enfermedad en el cultivo y las condiciones ambientales que la afectan. Estas diferencias entre patógenos y la manera en que el ambiente modula la interacción entre estos y el cultivo es otra de las características del sistema que resultan de utilidad conocer a la hora de tomar decisiones de control.

3.1. Infección y condiciones ambientales

De manera general, para que la infección por parte de un patógeno se produzca se deben dar tres condiciones: i) que las esporas del patógeno alcancen las hojas; ii) que el cultivo sea susceptible a dicho patógeno y iii) que se den las condiciones ambientales que permitan la germinación de las esporas y el ingreso del patógeno al tejido foliar.

En este sentido, las infecciones iniciales de mancha amarilla y septoriosis de la hoja se originan generalmente en las hojas inferiores con esporas provenientes principalmente del rastrojo infectado en la superficie del suelo (o bien por presencia del patógeno en la semilla sembrada). Sin embargo, también pueden ocurrir infecciones con esporas provenientes desde otros lotes por acción del viento. Luego, si se dan las condiciones de lluvia, mojado foliar, alta humedad relativa y/o viento necesarias se irán colonizando las hojas superiores a partir de la producción de inóculo secundario en las lesiones iniciales de las hojas basales (Verreet y Klink, 2002; Duveiller y otros 2005). Por su parte, las esporas de *Puccinia triticina* (roya de la hoja)

son livianas y transportadas por el viento grandes distancias (miles de kilómetros) pudiendo depositarse las mismas sobre las hojas superiores del cultivo (Eversmeyer y otros 1973; Eversmeyer y Kramer, 1992).

En relación a las condiciones ambientales, *Puccinia triticina* (roya de la hoja), requiere de períodos de rocío de solo tres horas con temperaturas de alrededor de 20°C o de 12 horas con temperaturas de 10°C (Roelfs y otros 1992). Contrariamente, para que ocurran los procesos que hacen a la infección de *Septoria tritici* se requieren entre 48 y 96 horas de alta humedad relativa (>98%) o mojado foliar, siendo la temperatura óptima de 20 a 25°C (Eyal y otros 1987; Verreet y Klink, 2002). Por ello, los procesos de infección de *Septoria tritici* ocurren mayormente en días nublados y lluviosos con temperaturas templadas. En cuanto a mancha amarilla, un mínimo de 6 horas de mojado foliar es requerido para producirse la infección en variedades de trigo susceptibles aunque las condiciones óptimas para la infección son 24 horas de mojado con 20°C de temperatura (Francl, 1998).

Considerando las características diferenciales entre patógenos en el modo de infección y en los requerimientos del ambiente para que ello suceda es relevante conocer, por ejemplo, que la roya de la hoja tiene bajos requerimientos y esporas livianas pudiendo infectar sin mayores condicionantes hojas en cualquier posición vertical del canopeo. Contrariamente, el patógeno causante de la mancha amarilla tiene esporas más pesadas y mayores requerimientos ambientales lo cual hace que el proceso infectivo sea más dependiente de las condiciones del ambiente que para el caso de la roya de la hoja y que generalmente comience infectando hojas basales (hojas con menor participación en la captura de radiación que las hojas superiores). Por su parte, la septoriosis de la hoja tiene requerimientos aún mayores para su infección que roya de la hoja y mancha amarilla (48 a 96 horas de mojado foliar).

3.2. Tasa de desarrollo de la enfermedad en el cultivo y condiciones ambientales:

Para el caso de las enfermedades en cuestión, del tipo policíclicas (más de un ciclo de vida por cada ciclo del cultivo), en las que el avance es altamente dependiente del inóculo secundario (producidos sobre lesiones previas en el mismo cultivo) puede decirse de manera simplificada que la tasa de desarrollo depende, entre otros aspectos, de: i) la longitud del período de latencia (tiempo entre infección y producción de nuevas esporas), ii) la cantidad de esporas producidas por punto de infección y iii) de la capacidad de dispersión de tales esporas.

Para el caso de roya de la hoja el período entre la infección y la producción de esporas puede demorar tan solo 7-10 días con temperaturas óptimas. A su vez, en cada pústula (fructificación del hongo) se pueden producir en promedio unas 3000 esporas diarias con capacidad de infectar nuevo tejido foliar, durante unas 3 semanas o más si la hoja continúa viva (Roelfs y otros 1992). Además, tal como se mencionó previamente tiene esporas muy pequeñas y livianas que pueden ser transportadas por el viento muy fácilmente a grandes distancias y que además requiere de escasas horas de mojados para infectar tejido foliar. Estas características son las que permiten un rápido progreso (“explosivo”) de la roya de la hoja en el cultivo como suele observarse generalmente en lotes de producción de trigo.

Por el contrario, el tiempo transcurrido entre la infección y la aparición de los primeros síntomas (lesiones) para septoriosis de la hoja varía entre 14 a 21 días (Eyal y otros 1987;

Shaw, 1999). Además, la generación de esporas sobre las lesiones es altamente dependiente de las condiciones ambientales, de la variedad de trigo y del aislamiento (“cepa”) de Septoria de que se trate con lo cual puede extenderse hasta 40 días luego de la infección (Shaw, 1999). Las esporas producidas en estas lesiones serán las que producirán nuevos ciclos infectivos en el cultivo y son las que permitirán el avance de la enfermedad. A su vez, para que estas sean dispersadas requieren de salpicaduras (gotas) de lluvia, lo cual condiciona de manera importante tal avance, más aún si las esporas deben alcanzar hojas superiores en cultivos encañados y con un canopeo cerrado (Lovell y otros 1997; Shaw, 1999).

Por su parte, para que una lesión de mancha amarilla produzca nuevas esporas deben transcurrir alrededor de 8 días (a 16 °C) desde el momento de infección (Francl, 1998). La liberación y diseminación de estas esporas desde sus fructificaciones es favorecida por días secos y viento. En relación a su tamaño, las esporas de mancha amarilla son mayores que, por ejemplo, las esporas de roya de la hoja por lo que pueden ser trasladadas por el viento solo a cortas distancias. Sin embargo, algunos trabajos citan dispersiones de hasta 10 km de distancia y, aunque consideran que la mayor parte del inoculo proviene del mismo lote (inoculo endógeno), sugieren que la dispersión inter-lote puede ser importante en zonas con importante producción de trigo (Francl, 1997).

Nuevamente, conocer aspectos del sistema que hacen a la tasa de progreso de la enfermedad en el cultivo y las condiciones del ambiente que la favorecen nos ayudan a tomar mejores decisiones de manejo de la enfermedad dado que, nos permiten predecir con algún grado de certeza si existe riesgo de que ocurra alguna de estas enfermedades o bien predecir cómo será la evolución una vez observados los primeros síntomas: si continuará, si se detendrá o cual podría ser su velocidad de avance. Así, por ejemplo, es frecuente observar infecciones importantes de mancha amarilla o septoriosis de la hoja en etapas tempranas del cultivo que luego, al encañar las plantas y generar nuevas hojas en posiciones superiores, pierden relevancia si no se dan condiciones de: i) viento y/o lluvia, que ayude a las esporas a alcanzar las hojas superiores, y ii) tiempo de mojado foliar suficiente y temperatura adecuada que permitan a la espora germinar e ingresar a la hoja a tiempo, antes de desecarse.

4. CONSIDERACIONES FINALES

A modo de resumen se listan algunos de los aspectos del sistema que podrían ayudarnos a tomar mejores decisiones de manejo y control de enfermedades foliares en el cultivo de trigo:

- Si las enfermedades presentes en el cultivo aceleraran la abscisión de las hojas, el impacto en el rendimiento debido a la reducción en la captura de radiación será menor en aquellos cultivos que hayan alcanzado mayor cobertura foliar. Incluso puede no haber reducción de captura de radiación si la cobertura foliar es superior a aquella que permita interceptar la totalidad de la radiación que incide sobre el cultivo (plena cobertura).
- Las hojas superiores del cultivo capturan la mayor parte de la radiación solar que incide sobre el mismo (más aún en canopeos cerrados). Por ello, las enfermedades tendrán mayor impacto en la captura de radiación y consecuentemente en la

producción si las lesiones se encuentran en hojas superiores que si se encuentran en hojas inferiores.

- El período del ciclo del cultivo en que más beneficios se obtendrían por mantener las hojas sanas es aquel en el que se determina el número de granos. Es decir, aproximadamente 20 días antes y 10 días luego de la floración del cultivo. Esto de ningún modo significa que haya que descuidar el cultivo en otras etapas, dado que, si el nivel de enfermedad aumenta demasiado (independientemente de la etapa del cultivo) será difícil lograr un buen control químico. Las aplicaciones de fungicidas son mucho más eficientes en su control cuando son realizadas con bajos niveles de enfermedad.
- En situaciones de alto potencial de producción también será beneficioso mantener el área foliar sano durante la etapa de llenado de granos, dado que en tales situaciones el cultivo deberá “repartir” su recursos en mayor cantidad de granos fijados.
- En términos generales la roya de la hoja tiene menores requerimiento de horas de mojado foliar (solo basta con un corto rocío) que la mancha amarilla y esta menos que la septoriosis de la hoja.
- Luego de una infección la roya de la hoja produce gran cantidad de nuevas esporas en tan solo 7-10 días si se dan las condiciones adecuadas. Esto sumado a los bajos requerimientos mencionados en el punto anterior y a que sus esporas son dispersadas por el viento con gran facilidad hace que la enfermedad pueda progresar muy rápidamente en el cultivo. Esto obliga a estar muy atentos luego de la detección de los primeros síntomas en el lote, o incluso en la zona si contamos con un cultivar susceptible. En el extremo opuesto la septoriosis de la hoja puede demorar entre 15 y 40 días (dependiendo de condiciones ambientales y cultivar) para producir nuevas esporas luego de una infección inicial.
- La septoriosis de la hoja requiere del salpicado de gotas de lluvia para poder infectar las hojas superiores de un cultivo encañado y la mancha amarilla de viento (esporas pesadas). Esto, sumado a sus mayores requerimientos de horas de mojado (en relación a roya de la hoja) hace que en muchas situaciones se observen niveles importantes de estas enfermedades en etapas tempranas y luego al encañar el cultivo y generar nuevas hojas en posiciones superiores la enfermedad pierda importancia porque no logra infectar tales hojas. Por ello, si bien la presencia de estas enfermedades en estratos foliares basales amerita estar atentos, de no darse las condiciones adecuadas no lograrán alcanzar las hojas superiores que son las que capturan la mayor proporción de la radiación solar que incide sobre el cultivo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Bancal, M.-O., Robert, C., Ney, B., 2007. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. *Ann. Bot.* 100, 777-789.
- 2- Carretero, R., Serrago, R.A., Bancal, M.O., Perelló, A.E., Miralles, D.J., 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. *Field Crops Res.* 116, 184-195.

- 3- Cornish, P.S., Baker, G.R., Murray, G.M., 1990. Physiological responses of wheat (*Triticum aestivum*) to infection with *Mycosphaerella graminicola* causing Septoria tritici blotch. Aust. J. Agric. Res. 41, 317-327.
- 4- Duveiller, E., Kandel, Y.R., Sharma, R.C., Shrestha, S.M., 2005. Epidemiology of foliar blights (Spot blotch and Tan spot) of wheat in the plains bordering the Himalayas. Phytopathology 95, 248-256.
- 5- Eversmeyer, M.G., Kramer, C.L., 1992. Local dispersal and deposition of fungal spores from a wheat canopy. Grana 31, 53-59.
- 6- Eversmeyer, M.G., Kramer, C.L., Burleigh, J.R., 1973. Vertical spore concentrations of three wheat pathogens above a wheat field. Phytopathology 63, 211-218.
- 7- Eyal, Z., Scharen, A.L., Prescott, J.M., van Ginkel, M., 1987. Enfermedades del trigo causadas por Septoria: Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. . CIMMYT, México, D.F.
- 8- Fischer, R.A., 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. 100, 447-461.
- 9- Francl, L.J., 1997. Local and mesodistance dispersal of Pyrenophora tritici-repentis conidia. Can. J. Plant Pathol. 19, 247-255.
- 10- Francl, L.J., 1998. Components of the tan spot disease cycle. En: Duveiller, E., Dubin, H.J., Reeves, J., McNab, A. (Eds.), Helminthosporium blights of wheat: Spot blotch and Tan spot. CIMMYT, México, D.F., p. 376.
- 11- Gaunt, R.E., 1995. The relationship between plant disease severity and yield. Annu. Rev. Phytopathol. 33, 119-144.
- 12- Lovell, D.J., Parker, S.R., Hunter, T., Royle, D.J., Coker, R.R., 1997. Influence of crop growth and structure on the risk of epidemics by *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) in winter wheat. Plant Pathol. 46, 126-138.
- 13- Miralles, D.J., Slafer, G.A., 1999. Wheat development. En: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Product Press, New York, USA, pp. 14-43.
- 14- Mumford, J.D., Norton, G.A., 1984. Economics of decision making in pest management. Annu. Rev. Entomol. 29, 157-174.
- 15- Paveley, N.D., Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K., Day, W., 2001. Steps in predicting the relationship of yield on fungicide dose. Phytopathology 91, 708-716.
- 16- Robert, C., Bancal, M.-O., Nicolas, P., Lannou, C., Ney, B., 2004. Analysis and modelling of effects of leaf rust and *Septoria tritici* blotch on wheat growth. J. Exp. Bot. 55, 1079-1094.
- 17- Roelfs, A.P., Singh, R.P., Saari, E.E., 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. CIMMYT, México, D.F.
- 18- Serrago, R.A., Carretero, R., Bancal, M.O., Miralles, D.J., 2009. Foliar diseases affect the eco-physiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). Eur. J. Agron. 31, 195-203.
- 19- Shaw, M.W., 1999. Epidemiology of *Mycosphaerella graminicola* and *Phaeosphaeria nodorum*: An Overview. En: van Ginkel, M., McNab, A., Krupinsky, J. (Eds.), Septoria and stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research. CIMMYT, México, D.F.
- 20- Verreet, J.A., Klink, H., 2002. The biology of fungal pathogens. Vol. 1: Fungal pathogens and diseases of cereals. Department of Plant Pathology, Christian-Albrechts University. Kiel, Germany.