

# SEPTORIOSIS DE LA HOJA DEL TRIGO

Martha Díaz de Ackermann<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

La septoriosis de la hoja o mancha de la hoja, causada por *Septoria tritici* Rob. ex Desm. anamorfo de *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter, está presente en casi todas las áreas templadas a subtropicales y húmedas donde crece el trigo. No es un problema nuevo en América del Sur. Las primeras grandes pérdidas publicadas datan de 1939 para Argentina y Uruguay (Boerger, 1943; Shipton *et al.*, 1971), y de 1975-76 para Chile (Gilchrist y Madariaga, 1980). La enfermedad es un serio problema en el Sur de Chile, de Uruguay y de las Provincias de Córdoba y de Buenos Aires. En los restantes países del Cono Sur (Paraguay, Brasil y Bolivia), *S. tritici* se presenta dentro de un complejo de manchas foliares donde predominan otros patógenos, *Drechslera tritici-repentis*, *Stagonospora nodorum* y *Bipolaris sorokiniana*.

Con menor importancia *S. tritici* está presente en Colombia, Ecuador, y Guatemala. En México y los Estados Unidos de América, su importancia varía según la zona. En Europa está presente en los Países Bajos, las Repúblicas Checa y Slovaca, Rumania, Serbia y Montenegro, Suiza, Inglaterra, Italia y España; en la India, en Australia y Nueva Zelanda. En África está reportada en la zona Mediterránea y al Este, en Kenia donde es severa (Eyal *et al.*, 1987).

Grandes progresos en la investigación en el manejo de esta enfermedad, en las áreas de control genético y control químico, así como en biología molecular, han sido reportados, los que se mencionarán más adelante.

## TAXONOMÍA

El organismo causal de la mancha de la hoja del trigo, mancha moteada (por sus picnidios) o septoriosis de la hoja es *Septoria tritici* Roberge in Desmaz., estado perfecto

*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schrt. in Cohn (Cunfer, 1994). Las esporas de *S. tritici* por sus dimensiones, 10 veces más largas que anchas, son claramente diferenciables de las de otros géneros y especies, por lo que no han sido sujetas a revisiones y el nombre permanece incambiado, lo que no fue así para otras especies.

## IMPORTANCIA ECONÓMICA

La enfermedad causa graves pérdidas de rendimiento. A nivel mundial se ha informado que las mismas oscilan entre 31 y 54% (Eyal *et al.*, 1987). A nivel nacional, en el período desde 1976 a 2009 se han observado promedios de rendimiento nacionales por debajo de los esperados en 14 años. En siete de ellos las manchas foliares fueron muy importantes y en dos fueron importantes. Las mermas nacionales oscilaron entre 2 y 54% (Cuadro 1).

Mediante ensayos específicos se han estimado pérdidas de rendimiento causadas por septoriosis de la hoja desde 1967 al 2002. Dicho período se puede dividir en cinco etapas 1967, 1974/79, 1991/93, 1997/1999 y 2001/2002 difiriendo básicamente en el grupo de cultivares que se evaluaron en cada etapa. En la primera las pérdidas oscilaron entre 16 y 60%, en la segunda entre 4 y 64% y en la tercera entre 0 y 34% (Díaz de Ackermann, 1996). En la cuarta etapa las mermas llegaron a 69% y en la quinta etapa la presencia de roya de la hoja fue muy importante y la disminución de rendimiento se debió a ambos patógenos en la mayoría de los casos, situación en la que la merma llegó 84%.

La reducción promedio de rendimiento causada por septoriosis de la hoja ha sido del orden de 30% en Uruguay, (Zamuz *et al.*, 1970, Ackermann, 1996). Esta cifra coincide con las presentadas por Eyal *et al.* (1987). En epifitias graves los granos de las

<sup>1</sup>Protección Vegetal, INIA La Estanzuela.

**Cuadro 1.** Disminución del rendimiento promedio nacional de trigo en 14 años del período 1976-2009 y su relación con el desarrollo de enfermedades.

Año	Dism. rend. prom. nac. <sup>1</sup>	ST <sup>2</sup>	RH <sup>3</sup>	FE <sup>4</sup>
1976	3	** <sup>5</sup>	ns	ns
1977	47	**	*	**
1978	27	**	ns	ns
1985	25	ns	ns	*
1986	22	ns	ns	ns
1989	22	*	ns	ns
1991	15	**	ns	ns
1993	21	**	ns	*
1997	13	**	*	ns
1999	18	ns	ns	ns
2001	54	**	**	**
2002	42	*	*	**
2007	2	ns	**	ns
2008	3	ns	ns	ns

<sup>1</sup>Disminución del rendimiento promedio nacional en %, <sup>2</sup>ST: mancha de la hoja, <sup>3</sup>RH: roya de la hoja y <sup>4</sup>FE: fusariosis, <sup>5</sup>\*: infección promedio anual por encima de la media, \*\*infección promedio anual por encima de los desvíos de la media y ns: infección por debajo de la media.

variedades susceptibles tienen menor peso, se arrugan y no son adecuados para la mollienda. La calidad molinera es afectada negativamente mientras que hay poca variación en la calidad industrial y panadera. En 1993 las pérdidas de peso de 1000 granos llegaron a 27% en Uruguay lo que determinó sedimentación y % de proteínas mayores en el tratamiento con menor peso de 1000 granos.

## DIAGNÓSTICO

Los síntomas de la septoriosis de la hoja varían según la variedad, las prácticas de cultivo y la localización geográfica. En la zona Mediterránea donde los trigos se siembran durante los meses fríos y lluviosos del invierno, la forma perfecta no ha sido encontrada y por lo general hay abundancia de picnidios, de modo que el diagnóstico es relativamente sencillo (Eyal *et al.*, 1987). En otras zonas de América Latina (Brasil, Paraguay y Bolivia), *S. tritici* se encuentra junto con otras especies del género *Septoria* y otras enfermedades (complejo de manchas

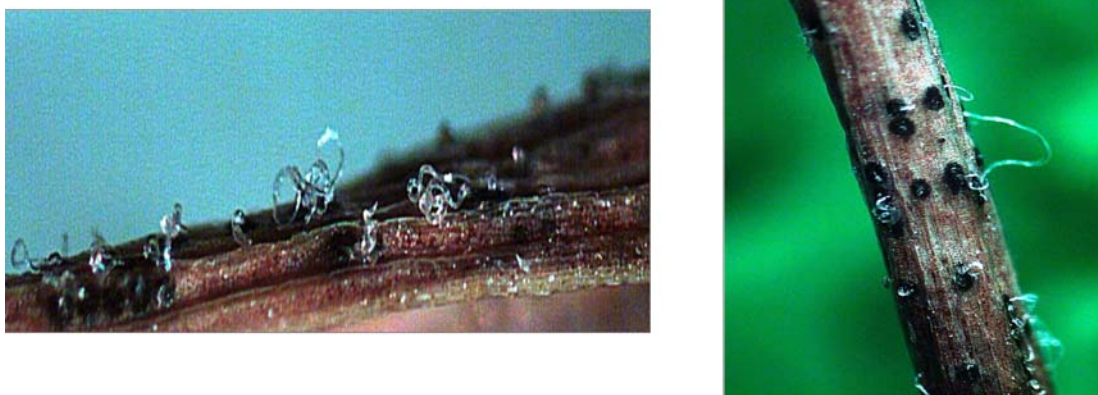
foliares del trigo) lo que complica su identificación. Hasta ahora la identificación a campo sin la confirmación del laboratorio es difícil.

Los síntomas se desarrollan a través de toda la estación de crecimiento. Inicialmente aparecen como manchas cloróticas usualmente en las hojas inferiores en contacto con el suelo. Las manchas se expanden y alcanzan dimensiones de 1-5 X 4-15 mm. Las lesiones tienden a ser restringidas lateralmente (Figura 1). Cuando los picnidios están maduros dentro de las lesiones son de gran valor para el diagnóstico. Los picnidios son gris-amarronados, de 100-200  $\mu$ m de diámetro y paredes rugosas. Exudan una masa de esporas en gotas gelatinosas, o cirros, cuando el tiempo está húmedo. Los picnidios están ordenados linealmente porque se desarrollan en la cavidad estomática (Bockus *et al.*, 2010) (Figura 2).

En siembras de otoño en Uruguay se pueden observar manchas ovaladas de color verde oscuro en las hojas inferiores de las plántulas en contacto con el suelo, que evolucionan a áreas necróticas con picnidios



**Figura 1.** Síntoma más frecuente de la mancha de la hoja causada por *Septoria tritici*. Foto: INIA La Estanzuela.



**Figura 2.** Picnidios de *Septoria tritici* exudando cirros de picnidiosporas. Foto: INIA La Estanzuela.

(Figura 1). Se mantienen durante el invierno y en la primavera con las primeras lluvias y temperaturas más templadas se producen las liberaciones de esporas y las reinfecciones en plantas en macollaje, encañado y espigazón dando origen a manchas más rectangulares de bordes paralelos y picnidios ordenados según las nervaduras. Las vainas de las hojas también presentan síntomas así como glumas y aristas en años de epifitía severa.

Se han desarrollado algunas herramientas para ayudar en la identificación a cam-

po de este hongo como es el Bayer Cereal Diagnostic System que diferencia entre los picnidios de *S. nodorum* y *S. tritici*, como se muestran en el manual (Bayer Cereal Diagnostic System Manual). Picnidios esféricos y de color marrón claro, con ostiolo claro al comienzo de su formación y bordes oscuros al final corresponderían a *S. nodorum*, mientras que picnidios esféricos a alargados, marrón oscuros con ostiolo claro, corresponderían a *S. tritici*. A nivel de laboratorio, también se ha desarrollado una técnica de ELISA (Enzyme-linked

immunosorbent assays) por Du-Pont para hacer un diagnóstico anticipado a la aparición del síntoma (Jorgensen y Husted, 1994), y técnicas moleculares como RAPD (Random Amplified polymorphic DNA) para diferenciar entre especies sin necesidad de microscopio y mediciones de esporas (Czembor *et al.*, 1994).

## EPIDEMIOLOGÍA

### Importancia de las distintas fuentes de inóculo

El inóculo primario puede provenir de restos de cultivos infectados, ascosporas transportadas por el viento, otras especies gramíneas susceptibles o micelio de *S. tritici* latentes en los restos de cultivos. La esporas asexuadas (picnidiosporas) o sexuadas (ascosporas) en los restos de cultivo parecen ser la principal fuente de inóculo primario para la mayoría de los países.

Otros huéspedes han sido muy discutidos. Varios investigadores en el pasado llegaron a la conclusión de que *S. tritici* era estrictamente especializada y que parasitaba solo al trigo. Las diferentes especies de *Triticum* presentaron diferentes niveles de susceptibilidad, así *T. monoccocum* y *T. timopheevi* fueron casi inmunes (Hilu y Bever, 1957; Venham, 1959; Arsenijevic, 1965). Por su parte Ao y Griffith (1976) encontraron que aislamientos de *Septoria* de *Festuca arundinacea*, *Hordeum vulgare*, *Poa annua* y *P. pratensis* no difirieron en virulencia sobre trigo de los aislamientos provenientes de *Triticum vulgare* (cv. Kolibri). Estos autores dicen que el rol de los huéspedes alternativos está subestimado por lo difícil que es detectar a campo la infección de estos hospedantes. Síntomas como ser quemado de las puntas de las hojas pueden pasar desapercibidos. Otro huésped como *Stellaria media* fue reportado por Prestes (1976), pero en Uruguay no se pudo infectar trigo con esporas del hongo provenientes de esta especie.

En su forma asexual el hongo fue encontrado en 1842 y recién en 1972 fue descrito su estado sexual, *M. graminicola*, por San-

derson (1976). La forma sexual de este hongo ha sido reportada en Nueva Zelandia, Australia, Inglaterra, Países Bajos, Estados Unidos, Argentina, Brasil, Chile y México. Hasta ahora no ha sido encontrada en Uruguay. En Estanzuela se colocaron baldes sembrados con un cultivar susceptible, con tierra estéril, sobre el edificio de La Estanzuela, a una altura de más de 6 metros. Allí se obtuvieron excelentes síntomas de *S. tritici* indicando que el inóculo o bien fue transportado por el viento (ascosporas) o bien estuvo en la semilla. Se reportó la presencia de *S. tritici* en la semilla en Inglaterra (Brokenshire, 1975) y recientemente en Argentina (Consolo *et al.*, 2009) se detectó la presencia del patógeno en semilla usando PCR (Polymerase Chain Reaction) con primers específicos.

La infección por picnidiosporas comienza por las hojas inferiores y se expande a las superiores principalmente por el salpicado causado por lluvias. En aquellos lugares donde se ha reportado el estado perfecto, las ascosporas transportadas por el viento a distancias mayores que las picnidiosporas, juegan un rol importante en la epidemiología de la enfermedad. A su vez las ascosporas producto de la reproducción sexual serían la fuente de variabilidad genética del patógeno.

### Ciclo de la enfermedad

Después de 30 minutos de mojados los picnidios pueden liberar picnidiosporas en una matriz viscosa que contiene una alta concentración de azúcares y proteínas. Este exudado permite que las picnidiosporas sigan siendo viables durante períodos de clima seco (Fournet, 1969). Se ha informado que *S. tritici* no produce nuevos picnidios en tejidos muertos y que los picnidios una vez que liberan sus esporas no pueden generar nuevas. Sin embargo en Túnez se ha demostrado la generación de picnidiosporas después que lluvias de otoño mojaron picnidios que estaban secos y vacíos (Djerbi *et al.*, 1976). El salpicado del agua de lluvia y el viento diseminan las distintas clases de esporas, las que pueden llegar entonces desde las hojas inferiores hasta glumas y aris-

tas formando nuevamente picnidios o pseudoperitecios en los restos del cultivo para comenzar el próximo ciclo como fuente de inóculo primario.

### **Proceso de infección**

Las esporas de *S. tritici* presentaron una buena germinación pero la frecuencia de infección fue baja. La infección se da a través de los estomas, pero los procesos son al azar, ya que muchos tubos germinativos cruzan el estoma sin colonizarlos. Aparecen estructuras en forma de T que parecen apresorios, pero son estructuras muy pequeñas e irregulares y no son necesarias para penetrar. La duración del período de incubación crítico es de 48 horas. Doce horas después de la inoculación la hifa estaba alojada en la cavidad subestomática; 48 horas después de la inoculación, alcanzó las primeras células del mesófilo. La colonización posterior se da cuando la hifa alcanza los espacios intercelulares del mesófilo. Diez días después de la inoculación, la colonización es limitada intercelularmente y la hifa ha crecido en contacto con las células del mesófilo. Doce días después de la inoculación, ocurre la muerte de las células, lo que está asociado con la liberación de compuestos tóxicos por parte del hongo. Esto induce colonización posterior resultando en la formación de picnidios en la cavidad subestomática (Kema y Da-Zhao, 1994).

### **Factores predisponentes a la infección**

La temperatura óptima para el desarrollo de *S. tritici* es 20-25 °C con un rango de 2-3/33-37 °C. La humedad relativa alta es favorable y las lluvias son importantes, sobre todo en el proceso de dispersión. Los procesos de infección se producen mejor en días nublados y lluviosos con temperaturas entre 20 y 25 °C (Eyal *et al.*, 1987). Por esta razón la septoriosis de la hoja es más prevalente en el sur del área de siembra de trigo.

## **PATOMETRÍA**

No existe un método único de evaluación aceptado por todos los especialistas en *S.*

*tritici* para llevar a cabo estudios en el invernáculo o bajo condiciones de campo. La magnitud de los síntomas puede ser evaluada de diferentes maneras dependiendo del objetivo de la evaluación; si estamos trabajando con plántulas o plantas adultas, si el trabajo es de invernáculo o de campo, etc. Ejemplo: en invernáculo con inoculación artificial es más importante el tipo de reacción que la cantidad de enfermedad; si estamos estimando disminución de rendimiento, es más importante la cantidad de la enfermedad que el tipo de reacción.

Para estudios de resistencia en invernáculo el tipo de reacción en una escala de 0 a 4 puede definirse sin grandes discrepancias. Así por ejemplo 0 = no lesiones, 1 = clorosis, 2 = lesiones necróticas con clorosis, 3 = lesiones necróticas con picnidios y 4 = picnidios sin necrosis. La información citológica de Kema y Da-Zhao (1994), indicaría que esta definición es adecuada. Existen otras escalas como las sugeridas por Brönnimann (1968) y de Rosielle (1972).

Si pasamos a plantas adultas y en el campo, varias escalas pueden ser usadas evaluando desde hojas individuales hasta la planta entera. En INIA se está utilizando actualmente el porcentaje de área foliar afectada de toda la planta. Escalas como las de James (1971), para evaluar la severidad de cada hoja individual o entrenamiento como el software Distrain pueden ser usadas. La escala de Saari y Prescott modificada de 0 a 9 (Figura 3), se utiliza para observaciones de campo y no solo de manchas causadas por *S. tritici*, sino para manchas en general (Eyal *et al.*, 1987).

Posteriormente esta escala fue mejorada, incorporándose el doble dígito que representa el avance la enfermedad. El primer dígito indica la altura relativa que alcanza la enfermedad utilizando la escala original de 0 a 9. Como ayuda para facilitar la decisión sobre el primer dígito se presenta en el Cuadro 2, información de la escala de Saari y Prescott modificada por Luc Couture (Oxford, 1982).

El segundo dígito representa el porcentaje de área afectada, pero en la escala de 0 a 9 (Cuadro 3).



**Figura 3.** Escala de Saari-Prescott (0-9) para evaluar la severidad de enfermedades foliares en trigo.  
Eyal *et al.* (1987).

**Cuadro 2.** Ajuste de la escala de Saari y Prescott.

Nivel de hojas	Síntomas en hojas para cada dígito									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hojas superiores	li <sup>1</sup>	li	li	li	li	li	di <sup>3</sup>	le/mod <sup>5</sup>	mod/sev	sev <sup>6</sup>
Hojas centrales	li	li	li	li	di/le	le/mod	mod	sev	sev	sev
Hojas inferiores	li	ai <sup>2</sup>	di	le <sup>4</sup>	mod/sev	sev	sev	sev	sev	sev

Libre (li)<sup>1</sup>: 0%, aislados (ai)<sup>2</sup>: 1%, dispersos (di)<sup>3</sup>: 5%, leve (le)<sup>4</sup>: 10%, moderado (mod)<sup>5</sup>: 25% y severo (sev)<sup>6</sup>: 50%. Hosford (1982) .

**Cuadro 3.** Escala para evaluar el porcentaje de área afectada.

Porcentaje de Área afectada	Escala
10%	1
20%	2
30%	3
40%	4
50%	5
60%	6
70%	7
80%	8
90%	9

Eyal *et al.* (1987).

Con la información de esta última escala se puede calcular el valor de infección (VI) el que se obtiene de multiplicar el primer dígito por el segundo y el coeficiente de infección relativo (CIR) el que se obtiene de dividir el valor de infección (VI) por el valor de infección máximo (VIM) más uno y se multiplica por 100, [(VI/VIM+1)\*100].

## MANEJO DE LA ENFERMEDAD

El manejo integrado de enfermedades incluye como base la utilización de resistencia genética. Los otros componentes como las prácticas culturales y el control químico

aumentan la eficiencia de la resistencia cuando son usados en combinaciones adecuadas.

## Control genético

Históricamente se ha dicho que la importancia económica de *S. tritici* creció debido al reemplazo de cultivares adaptados por cultivares semienanos, precoces de altos rendimientos, que fueron susceptibles al patógeno, o a los cambios en las prácticas agronómicas (Matus, 1993). Ha sido demostrado que la resistencia a *S. tritici* esta fuertemente asociada con la madurez tardía y mayor altura de planta (Tavella, 1978; Danon *et al.*, 1982). Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado cultivares modernos de baja estatura con buen comportamiento frente a *S. tritici*, gracias al marcado esfuerzo en mejorar germoplasma de trigo para aquellas regiones con problemas.

## Variabilidad patogénica

El gran inconveniente para el mejoramiento por resistencia fue la variabilidad de la población del patógeno. Mientras que para royas se conocen las razas de la población del hongo y se han identificado en los trigos genes efectivos para las diferentes razas, con *S. tritici* solo se tenía información de que existe gran variabilidad en la población del patógeno y las diferencias entre los cultivares no eran tan claras. Algunos autores pensaron que no existían razas fisiológicas y que todos los genotipos de trigo reaccionaban de la misma forma en las diferentes partes del mundo. Así, trigos resistentes en Israel deberían ser resistentes en Argentina o Uruguay. Hoy sabemos por experiencia que no es así. Muchos autores han encontrado fuerte interacción entre cultivar-aislamiento indicando la existencia de razas, pero éstas como tal, no se habían identificado hasta 1996 (Eyal *et al.*, 1973; Díaz de Ackermann, 1983; Saadaoui, 1987; Ballantine, 1989; Perelló *et al.*, 1989; Perelló *et al.*, 1991; Somasco *et al.*, 1996). En el pasado se buscó la ayuda de métodos no tradicionales (RAPD), para la caracterización de los aislamientos, pero la inconsistencia de los resultados no permitió entonces su

uso generalizado (Czembor *et al.*, 1994, Díaz de Ackermann *et al.*, 1994).

## Fuentes de resistencia

Los parámetros usados para la selección de genotipos resistentes han sido: período de incubación y de latencia, síntomas y esporulación. El período de incubación es el tiempo desde la inoculación a la expresión de síntomas. El de latencia, es el tiempo desde la inoculación a la aparición de picnidios. Este último parámetro determina el número de generaciones del patógeno en una estación (Brokenshire, 1976).

Fuentes de resistencia de especies afines y dentro de la misma especie han sido reportadas por varios autores. De la bibliografía donde se informa del comportamiento de especies afines, se desprende que *Triticum durum* posee genes de resistencia diferentes a los de *T. aestivum*. *T. timopheevi* aparece como casi inmune. Recientes trabajos de CIMMYT han demostrado que la hibridación intergenérica entre trigo y especies afines pueden ser una importante fuente de resistencia para la mancha de la hoja. Se cruzaron trigos duros elite con genotipos seleccionados de *T. tauschii*, un pariente silvestre del trigo harinero, para producir trigo sintético. El trigo sintético a su vez fue cruzado con un trigo harinero élite para producir una línea mejorada que retuvo características convenientes de *T. tauschii*. Los trigos sintéticos, además de tener un mayor potencial de rendimiento, proporcionan a los fitomejoradores nuevas fuentes de resistencias a ciertas enfermedades causadas por *Septoria*, *Drechslera* y *Fusarium* spp. (CIMMYT, 1993).

Como fuentes de resistencias muy antiguas y dentro de la misma especie se citan los trigos: Nabob, Lerma 52, Lerma 50, P 14, Bulgaria 88 y sus descendientes Sullivan y Oasis, Aurora, Kavkaz y Besostaya 1 (Narváez y Caldwell, 1957; Rillo y Caldwell, 1966; Rosielle, 1972; Lee y Gough, 1984; Matus, 1993; Cunfer, 1994; Díaz de Ackermann, 1996).

En el pasado, bajo las condiciones de Uruguay, Trap#1/Bow y otros materiales han presentado un comportamiento a campo muy

bueno frente a *S. tritici*, mientras que Milán, Attila, Corydon, y otros han tenido un comportamiento intermedio. Estos materiales de muy buen tipo agronómico, alto rendimiento y resistentes a septoriosis de la hoja, tienen en general una calidad inadecuada, característica que se está mejorando en la descendencia de cruces específicas (Díaz de Ackermann, 1996).

Los genes de resistencia a septoriosis de la hoja identificados y reportados eran 8 (*Stb1*, *Stb2*, *Stb3*, *Stb4*, *Stb5*, *Stb6*, *Stb7*, y *Stb8*) (Somasco *et al.*, 1996; Arraiano *et al.*, 2001; Brading *et al.*, 2002; Adhikari *et al.*, 2003; McCartney *et al.*, 2003; Adhikari *et al.*, 2004a; Adhikari *et al.*, 2004b; Adhikari *et al.*, 2004c; Chartrain *et al.*, 2004; Goodwin y Thompson, 2010;) (Cuadro 4). En la actualidad ya son 13 los que han sido identificados y mapeados en el genoma de trigo (Goodwin y Thompson, 2010).

### Comportamiento de cultivares comerciales

El comportamiento sanitario actualizado de los cultivares registrados para producción de trigo, está disponible en forma actualizada antes de cada zafra en las publicaciones de INASE-INIA (*Resultados experimentales de evaluación de trigos y cebadas en los úl-*

*timos tres años para el Registro Nacional de cultivares*) o en la página web de INIA ([http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)).

La caracterización del comportamiento frente a septoriosis de la hoja de los cultivares comerciales se resume en el nivel de infección relativo que han presentado (Cuadro 5) en los distintos viveros y ensayos evaluados.

Recomendación: en aquellas regiones donde la enfermedad es un serio problema, evitar el uso de variedades muy susceptibles y siembras tempranas.

## CONTROL CULTURAL

La siembra directa así como el monocultivo incrementa la cantidad de inóculo de enfermedades como septoriosis de la hoja o mancha parda, ya que para sobrevivir dependen de los rastrojos como base de su alimentación. Las prácticas de manejo en desuso, tales como la arada profunda, permitían la eliminación de plantas guachas, de la paja y del rastrojo del cultivo reduciendo el inóculo primario y las posibilidades de infección. El inóculo presente en la paja infectada en la superficie del suelo en la siembra directa puede infectar plántulas de nue-

**Cuadro 4.** Genes de resistencia, localización, marcadores y padres donantes reportados.

Gen	Localización	Marcadores	Padre donante	Referencia
<i>Stb1</i>	5BL		Bulgaria 88	Adhikari <i>et al.</i> (2004b)
<i>Stb2</i>	3BS	<b>Xgwm389</b> , <b>Xgwm533.1</b> (ambos distales) y <b>Xgwm493</b> (proximal)	<u>Veranopolis</u>	Adhikari <i>et al.</i> (2004c)
<i>Stb3</i>	6DS	Xgdm132 (3-cM) (*)	Israel 493	Adhikari <i>et al.</i> (2004c)
<i>Stb4</i>	7DS	<b>Xgwm111</b>	Tadinia	Adhikari <i>et al.</i> (2004a)
<i>Stb5</i>	7DS	<u>Xgwm44 (proximal 7.2-cM) y Rc3 (Coleoptile Rojo, distal 6.6-cM)</u>	CS(Synthetic 7D)	Arraiano <i>et al.</i> (2001)
<i>Stb6</i>	3AS		Senat	Chartrain <i>et al.</i> (2004)
<i>Stb7</i>	4AL	<u>Xwmc313 (0.5-cM)</u>	Estanzuela Federal	Mc Cartrey <i>et al.</i> (2003)
<i>Stb8</i>	7BL	<b>Xgwm146 y Xgwm577</b> , flanking	Synthetic W7984	Adhikari <i>et al.</i> (2003)

Wheat CAP (Wheat Coordinated Agricultural Project).



**Cuadro 5.** Comportamiento frente a septoriosis de la hoja de cultivares comerciales de trigo.

Denominación	Código	Nivel de Infección a St <sup>1</sup>	Denominación	Código	Nivel de Infección a St <sup>1</sup>
Klein Castor		A	Buck Guapo		A
Atlax		A	Klein Proteo		A
Klein Tauro		AI	Klein Capricornio		A
ACA 901		IA	BIOINTA 3000		IA
BIOINTA 1002	JN 1005	IA	Klein Martillo		IA
Klein Chajá	KH 8008 A 20	IA	INIA Tijereta	LE 2210	IA
INIA Churrinche	LE 2249	IA	BIOINTA 3004		IA
INIA Madrugador	LE 2332	IA	Klein Gaviota		IA
BIOINTA 1004	P 4378	IA	Calprose Tropero		I
Baguette 17	NT 508	I	INIA Gorrión	LE 2245	I
BIOINTA 1001	J 0044	I	INIA Garza	LE 2313	I
INIA Carpintero	LE 2333	I	PROINTA Puntal		I
Baguette 19	NT 401	<b>IB</b>	Buck Charrúa		<b>BI</b>
Baguette Premium 11		<b>IB</b>	INIA Chimango	LE 2325	<b>BI</b>
Baguette Premium 13		<b>IB</b>	LE 2346		<b>BI</b>
Baguette 18	NT 507	<b>BI</b>			
Baguette 9	NT 402	<b>BI</b>			
INIA Mirlo		<b>BI</b>			
Klein Flecha		<b>BI</b>			
INIA Don Alberto	LE 2331	<b>BI</b>			
Safira	ORL 98204	<b>BI</b>			
Centauro		<b>BI</b>			
Fundacep Cristalino		<b>BI</b>			
Nogal	FD002112	<b>B</b>			
Onix		<b>B</b>			
LE 2354		<b>B</b>			

<sup>1</sup>St. *Septoria tritici*.

A: Alta, I: Intermedia, B: Baja o resistente. Modificado de Castro *et al.* (2010).

vos cultivos implantados hasta dos años después (Stewart *et al.*, 2001; Pereyra, 2003), por lo cual las rotaciones deben ser de por lo menos dos años sin trigo.

En Uruguay es importante el efecto que tiene la época de siembra en el desarrollo de la septoriosis de la hoja. Las siembras de otoño pueden ser severamente afectadas, observándose en las hojas inferiores infecciones tempranas dependiendo del año. Estas infecciones no son importantes en cuanto a área afectada, pero si son muy importantes como fuente de inóculo secundario para las infecciones tempranas que ocurren en la primavera.

Muchos autores encontraron que en invernáculo el nitrógeno favoreció el crecimiento del hongo, lo que resultó en mayor área afectada o mayor esporulación. A campo la infección natural fue mayor cuando el crecimiento del cultivo fue vigoroso. Rotaciones con alfalfa, trébol blanco y cultivos mezcla de trigo y leguminosa no presenta-

ron diferencias en cuanto a desarrollo de la enfermedad pero si en rendimiento (Fellows, 1962; Hayden *et al.*, 1994).

Recomendaciones: en siembra directa (> 80% del área actual de trigo) debe realizarse una rotación adecuada de cultivos. En siembras tempranas se debe evitar sembrar cultivares susceptibles.

## CONTROL QUÍMICO

La protección con fungicidas se ha utilizado, ya sea como una medida temporal o como parte integral del sistema de manejo del cultivo, para asegurar que variedades susceptibles produzcan altos rendimientos. El análisis económico de un programa para proteger al trigo mediante el control químico depende de varias consideraciones relacionadas con el manejo del cultivo. Estas son las siguientes: 1) evaluación temprana del potencial de rendimiento, 2) susceptibilidad de la variedad a *S. tritici*, 3) antecedentes

del cultivo de trigo y de epifitias en el campo específico, 4) manejo del cultivo antes de la siembra (enterrado de rastrojo, labranza profunda, cero laboreo), 5) detección temprana de la enfermedad y evaluación de su evolución, 6) condiciones climatológicas, 7) costo de la protección con fungicidas en relación con otras inversiones del cultivo y 8) rendimientos y pérdidas previstas (Eyal *et al.*, 1987).

Eyal y otros presentaron una revisión muy completa sobre el control químico de *S. tritici* hasta 1986 (Eyal *et al.*, 1987). Desde ese momento hasta ahora han surgido nuevos productos que tienen buen nivel de control. En INIA La Estanzuela, se han conducido ensayos con el objetivo de determinar pérdidas de rendimientos con diferentes niveles de infección, en un mismo estado fenológico, así como ensayos de pruebas de productos y dosis. La finalidad de estos ensayos ha sido la de obtener información para asesorar a productores en el control químico de esta enfermedad.

Las funciones de pérdidas de rendimiento causadas por la mancha de la hoja se determinaron en el período 1992 al 1994 con un cultivar de alta producción y ciclo intermedio:

#### Estado fenológico Ecuación de pérdida

Embuche	$Y = 100 - 1.2S$
1/2 Grano	$Y = 100 - 0.7S$

Y: Porcentaje del rendimiento esperado.

S: Severidad de la enfermedad % (área foliar afectada).

El área foliar afectada del cultivo se obtiene mediante un monitoreo en 8-10 puntos de la chacra evaluando en cada punto 15 a 20 tallos por severidad y/o incidencia de la enfermedad. Una vez obtenida esta información se debe comparar con el nivel crítico calculado para la chacra en cuestión. El **nivel crítico (NC)** es el nivel de infección en el cual las pérdidas en rendimiento de grano igualan el costo de una aplicación de fungicida. Para determinar ese nivel crítico se utilizan las ecuaciones de pérdidas de rendimiento antes mencionadas y se aplica la siguiente fórmula:

$$NC = \frac{(CP + CA) 100}{P * coef. * Re}$$

donde:

CP: costo del producto, U\$S/ha.

CA: costo de aplicación, U\$S/ha.

P: precio del trigo, U\$S/kg.

coef.: coeficiente de pérdida de rendimiento por cada 1 % de severidad (o incidencia) de la enfermedad en cuestión.

Re: rendimiento esperado, kg/ha.

El NC se compara con el **nivel de infección (NI)** que efectivamente tiene el cultivo.

Si:

**NI < NC**, las pérdidas por la enfermedad son menores al costo de aplicar el fungicida y se debe **seguir monitoreando** la chacra.

**NI = NC**, se debe aplicar fungicida

**NI > NC**, las pérdidas por la enfermedad son mayores al costo de aplicar el fungicida y **se está incurriendo en pérdidas de rendimiento**.

Cuando los rendimientos alcanzables del cultivo y/o precios de trigo son altos, los niveles críticos, tanto medidos en términos de severidad como incidencia, son tan bajos que se acercan al momento de detección de los primeros síntomas. Los niveles críticos se ofrecen como una **guía** y deben ser considerados en el contexto de los demás ítems antes mencionados y como una herramienta más disponible para decidir la aplicación.

Los cultivares caracterizados como resistentes (NI B) o moderadamente resistentes (NI BI) no requieren aplicación de fungicidas para esta enfermedad en particular. Es importante enfatizar el seguimiento de la enfermedad en cultivares con comportamiento sanitario comprometido desde etapas tempranas del cultivo, que generalmente son los caracterizados como moderadamente susceptibles (NI IA) y susceptibles (NI A), para identificar el mejor plan de control químico.

#### Fungicidas

Los fungicidas probados han sido: a) de contacto, b) de acción sistémica, c) de acción translaminar y d) curasemillas. Dentro

del grupo de contacto tenemos los ditiocarbamatos (maneb, manzate, mancozeb, etc.). Estos productos han probado ser efectivos en el control de *S. tritici*, sin embargo ellos deben ser aplicados semanalmente o después de cada lluvia. En áreas donde las precipitaciones son frecuentes el número de aplicaciones debe ser muy alto.

En 1968 cuando se comenzó a comercializar el fungicida sistémico benomilo, perteneciente al grupo de MBC, familia benzimidazoles, el control químico llegó a ser más promisorio. Los fungicidas sistémicos con efecto curativo y período de acción más largo contra patógenos foliares fueron superiores a los de contacto. En 1996 se registran nuevas moléculas con actividad biológica y modo de acción diferentes llamadas estrobilurinas, las cuales en mezcla con triazoles tienen mayor residualidad, espectro de acción más amplio, efecto fisiológico (mayor duración del área foliar verde),

etc. Los grupos de fungicidas más importantes involucrados en el control de *S. tritici* se presentan en el Cuadro 6.

El pobre control con benomilo es atribuido a la alta proporción de cepas del patógeno resistentes al principio activo. En el Reino Unido se observaron problemas de resistencia al flutriafol (Hosford, 1982). El epoxiconazol, uno de los productos más nuevos del grupo de los Triazoles, se comercializa en Uruguay en mezcla con carbendazim con el nombre de Swing. Según Gold (1993), es más eficiente inhibidor de la síntesis del ergosterol y de *S. tritici* que el tebuconazol, propiconazol y flusilazol.

El fungicida curasemilla triticonazol (Real, Premis 100 protege al cultivo en el estado de plántula (Mugnier *et al.*, 1993). Recientemente se ha liberado al mercado otro curasemilla, tebuconazol 15% + protioconazol 25% (Pucará) con similares características. La infección en plántulas es

**Cuadro 6.** Fungicidas usados en el control de *Septoria tritici*.

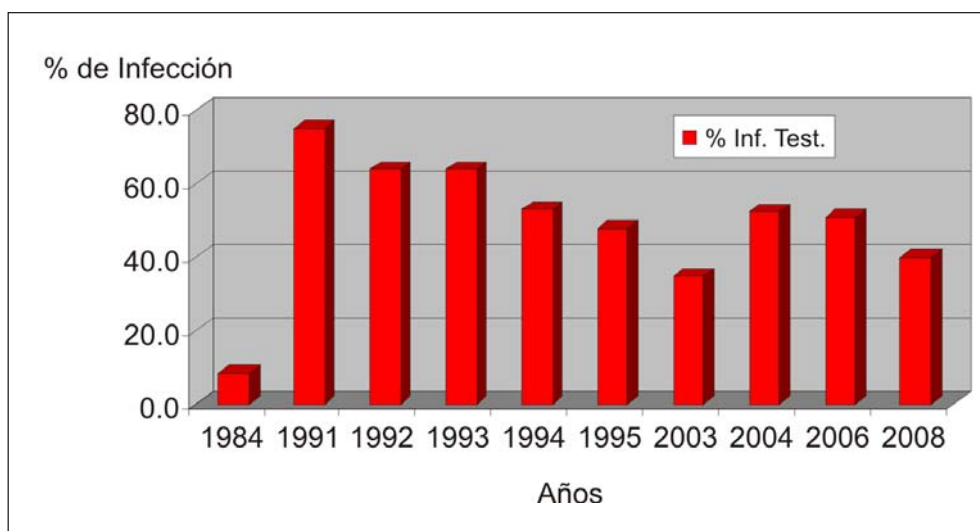
Grupo	Familia	Principio activo	Nombre comercial	
MBC	Benzimidazol	Benomilo	Benlate	
		Carbendazim	Bavistin	
EBI	Triazol	Cyproconazol	Alto	
		Propiconazol	Tilt	
		Triadimefon	Bayleton	
		Flutriafol	Impact	
		Flusilazol	Punch	
		Tebuconazol	Silvacur	
		Triadimenol	Bayfidan	
		Epoxiconazol	Opus	
			Imidazol	Procloraz
	Estrobilurina	Kresoxim-metil	Brio, Jewel, Jewel Top	
		Azoxistrobin	Amistar	
		Trifloxistrobin	Dexter, Twist, Stratego	
		Piracloxiestrobin	Opera	
		Pycoxistrobin	Stinger	

muy común en Uruguay (infección de otoño), y es muy importante como fuente de inóculo para las infecciones de primavera. Estos curasemillas no han controlado eficientemente a la mancha parda o amarilla, pero, no se han probado para el caso de septoriosis de la hoja.

Desde 1968 a la fecha se han probado en INIA La Estanzuela, productos del grupo MBC (carbendazim), del grupo EBI imidazol (procloraz) y triazol (cyproconazol, propiconazol, flutriafol, flusilazol, tebuconazol, epoxiconazol y triticonazol), para el control de *S. tritici*. A partir de 1998 se incorporaron las estrobilurinas solas y/o en mezcla con triazoles. Los experimentos se instalaron en siembras tempranas, con cultivares susceptibles lo que incrementa la probabilidad de que se presenten infecciones de septoriosis de la hoja sin interferencias con otras enfermedades. Desde 1984 al 2008 los niveles de infección alcanzados por el testigo sin aplicar se presentan en la Figura 3.

En los últimos años los ensayos que han presentado mayor severidad de la enfermedad han sido los del 2004 y 2006, aunque en ambos se presentó roya de la hoja junto con septoriosis de la hoja. En el 2004, el experimento se instaló con el cv. Greina, en INIA La Estanzuela en siembra temprana (11/05/

2004) para favorecer el desarrollo de *S. tritici*. Emergió el 25/05. Se aplicó herbicida post-emergente (10/06/04), Glean en la dosis 20 g/ha + Hussar en la dosis de 90 g/ha y de acuerdo a los análisis de  $\text{NO}_3$  en el suelo se aplicaron 150, 200 y 200 kg de urea/ha, el 10/06, 13/07 y 03/09/04. El diseño del ensayo fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con tamaño de parcela de 5.1 m<sup>2</sup>. La aplicación de fungicidas se hizo en estado de espigazón el 06/09, con mochila de presión constante y picos de cono hueco, caudal de 0.2 l/min., a 3 bares de presión. Se cosecharon 4 surcos centrales (3.4 m<sup>2</sup>) el 23/11. El ensayo se implantó bien, el desarrollo de *S. tritici* fue bueno, lo que permitió una buena evaluación de los fungicidas, pero tardó por lo que se registró una escasa respuesta en los rendimientos. Se realizaron cuatro lecturas de septoriosis de la hoja y de roya de la hoja, el 15/09 al estado de floración, el 01/10 al estado de grano acuoso, el 15/10 al estado lechoso-pasta, y el 26/10 al estado de pasta y se calculó el área debajo de la curva del progreso de septoriosis de la hoja, menor área significa menor desarrollo de la enfermedad. Se determinó rendimiento, peso hectolítrico, peso de 1000 granos y proteína. Los resultados se presentan en los Cuadros 7 y 8.



**Figura 3.** Nivel de infección de septoriosis de la hoja en testigos sin fungicidas desde 1984 al 2009.

**Cuadro 7.** Área debajo de la curva del progreso de septoriosis de la hoja, rendimiento, peso hectolítrico, peso de 1000 granos, y porcentaje de proteína para distintos tratamientos fungicidas. La Estanzuela, 2004.

Tratamiento y dosis /ha	AUDPCST 1		Rend.2 kg/ha		P.H.3 kg/hl		P.M.G.4 g		Proteína %5
OPERA 1000	432.5	B	4503	AB	84.8	AB	46.8	A	12.3
ALLEGRO 1000	538.0	B	4282	AB	84.8	AB	47.1	A	11.3
Experimental 1	468.5	B	4543	AB	85.1	A	47.5	A	12.3
Experimental 2	498.1	B	4493	AB	84.8	AB	46.5	AB	12.2
Experimental 3	506.3	B	4540	AB	84.6	B	47.0	A	12.6
ARTEA400	548.5	B	4636	A	85.0	AB	47.3	A	12.5
AMISTAR + NIMBUS 300+500	533.8	B	4538	AB	84.9	AB	46.8	A	12.0
AMISTARXTRA + NIMBUS 350+500	478.1	B	4385	AB	84.8	AB	47.3	A	12.4
Experimental 4	983.6	A	4558	AB	84.6	B	44.9	C	10.6
TESTIGO	987.5	A	4185	B	84.8	AB	45.0	BC	11.7
Media	597.5		4466		84.8		46.6		
C.V.	16.07		6.8		0.35		2.36		
M.D.S. (P<0.05)	139.32		443.03		0.43		1.6		

<sup>1</sup>Área debajo de la curva del progreso de septoriosis de la hoja; <sup>2</sup>rendimiento, kg/ha; <sup>3</sup>peso hectolítrico, kg/hl; <sup>4</sup>peso de mil granos, g; <sup>5</sup>porcentaje.

Las cifras seguidas por la misma letra, no difieren entre si al nivel de 0.5% de probabilidad (Prueba MDS).

**Cuadro 8.** Niveles de septoriosis de la hoja y de roya de la hoja al estado de floración, acuoso, lechoso pasta y pasta para distintos tratamientos de curasemillas. La Estanzuela, 2004.

Tratamiento y dosis /ha	St1-FL <sup>1</sup> 15/09/04		St2-A <sup>2</sup> 1/10/04		St3-LP <sup>3</sup> 15/10/04		St4-P <sup>4</sup> 26/10/04		EC% <sup>5</sup>	Rh1 <sup>6</sup>	Rh2 <sup>7</sup>	Rh3 <sup>8</sup>	Rh4 <sup>9</sup>	AUDPCR <sup>10</sup>	
	15/09/05	1/10/05	15/10/05	26/10/05	15/09/05	1/10/05	15/10/05	26/10/05							
OPERA 1000	10.0	AB	10.0	BC	11.3	C	11.3	E	78.6	0.0	0.2	0.3	3.2	24.1	F
ALLEGRO 1000	10.0	AB	10.0	BC	12.5	BC	11.3	E	78.6	0.3	0.4	0.6	3.6	35.7	DEF
Experimental 1	11.3	AB	10.0	BC	13.0	BC	12.0	DE	77.1	0.0	0.0	0.8	3.8	31.1	EF
Experimental 2	10.0	AB	10.0	BC	13.8	BC	17.5	BCD	66.7	0.0	0.6	2.7	14.6	123.5	C
Experimental 3	11.3	AB	11.3	ABC	13.8	BC	13.8	CDE	73.8	0.0	0.2	1.9	9.0	75.6	D
ARTEA400	8.8	B	10.0	BC	17.5	B	20.0	B	61.9	0.0	0.6	4.3	19.1	167.4	BC
AMISTAR + NIMBUS 300+500	8.8	B	10.5	ABC	16.3	BC	18.8	BC	64.3	0.0	1.0	6.3	16.9	186.0	B
AMISTARXTRA + NIMBUS 350+500	8.8	B	8.8	C	15.0	BC	16.3	BCDE	69.0	0.0	0.0	1.0	11.3	74.4	DE
Experimental 4	12.5	AB	13.8	AB	30.0	A	55.0	A	-4.8	0.4	1.8	24.8	34.9	531.4	A
TESTIGO	13.8	A	14.3	A	30.0	A	52.5	A	0.0	0.3	2.0	27.0	33.8	555.7	A
Media	10.5		10.85		17.3		22.82							180.5	
C.V.	28.8		24		21.02		18.26							16.9	
M.D.S. (P<0.05)	4.39		3.78		5.28		6.05							44.2	

<sup>1</sup>, <sup>2</sup>, <sup>3</sup> y <sup>4</sup>: Severidad de septoriosis de la hoja en porcentaje en floración, acuoso, lechoso pastoso y pasta; <sup>5</sup>: Eficiencia de control de septoriosis; <sup>6</sup>, <sup>7</sup>, <sup>8</sup>, <sup>9</sup>: Coeficiente de infección de roya de la hoja en floración, acuoso, lechoso-pastoso y pasta; <sup>10</sup>: área debajo de la curva de progreso de la roya de la hoja.

Las cifras seguidas por la misma letra, no difieren entre si al nivel de 0.5% de probabilidad (Prueba MDS).

En el año 2006 el experimento se instaló con el cultivar susceptible E. Cardenal, en INIA La Estanzuela, en siembra temprana (18/05/2006) y emergencia del 29/05. Se aplicó herbicida pre-emergente, Round Up en la dosis de 4 l/ha y de acuerdo a los análisis de NO<sub>3</sub> en el suelo se aplicaron 160 kg de urea/ha el 02/06. El diseño del ensayo fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con tamaño de parcela de 5.1 m<sup>2</sup>. La aplicación de fungicidas se realizó el 29/08 en estado de hoja bandera, con 3 MS de roya de la hoja y 12% de septoriosis de la hoja (4/2), con mochila de presión constante y picos de cono hueco, caudal de 0.2 l/min., a 3 bares de presión. Se cosechó la parcela completa el 14/11.

El ensayo se implantó bien, el desarrollo de *S. tritici* no fue bueno por interferencia con la roya de la hoja por lo que se decidió evaluar los tratamientos para el control de ambas enfermedades. Las evaluaciones realizadas fueron cinco lecturas de septoriosis de la hoja y cuatro de roya, el 29/08 al estado de hoja bandera, el 11/09 al estado de embuche, el 26/09 al estado de medio grano, el 10/10 al estado de acuoso-lechoso, y el 19/10 al estado de pasta blanda y se calculó el área debajo de la curva del progreso de septoriosis y de la roya de la hoja. Se estimó el rendimiento, peso hectolítrico, peso de 1000 granos y porcentaje de proteína., Los resultados se presentan en los Cuadros 9 y 10.

**Cuadro 9.** Área debajo de la curva del progreso de septoriosis de la hoja, de roya de la hoja, eficiencia de control de los tratamientos, rendimiento, peso hectolítrico, peso de 1000 granos y porcentaje de proteína para distintos tratamientos fungicidas. La Estanzuela, 2006.

Fungicida	Fungicida Dosis cc/ha	Coad. cc/ 100L	AUDPC ST <sup>1</sup>		EC <sup>2</sup> %	AUDPC RH <sup>3</sup>		EC %	REND <sup>4</sup> kg/ha	PH <sup>5</sup> kg/hl	PMG <sup>6</sup> g	Proteína %				
Swing + Plurofac	1000 + 100		970.4	B	23.5	459.6	B	55.0	4992	BCD	83.0	AB	34.4	C	12.3	ABC
Allegro + Plurofac	1000 + 100		782.3	CD	38.3	143.7	C	85.9	5549	A	84.9	A	36.4	AB	11.9	C
Opera + Plurofac	1000 + 100		684.6	D	46.0	51.2	C	95.0	5247	ABC	85.2	A	36.9	A	12.6	AB
Folicur + Silwet	450	50	962.9	B	24.1	489.4	B	52.1	4926	CD	84.4	A	34.7	BC	12.5	AB
Nativo + Optimizer	800 + 500		749.6	D	40.9	112.1	C	89.0	5116	ABCD	84.1	AB	35.3	ABC	12.6	AB
Artea + Silwet	400	50	906.9	BC	28.5	591.6	B	42.0	4755	DE	84.2	AB	34.4	C	12.0	BC
Amistar + Nimbus	300 + 500		835.6	BCD	34.1	213.5	C	79.1	5025	BCD	84.2	AB	34.6	C	12.3	ABC
Amistar + Nimbus (2)	200 + 500		721.8	D	43.1	93.8	C	90.8	5412	AB	84.1	AB	36.4	AB	12.7	A
Amistar Xtra + Nimbus	350 + 500		707.8	D	44.2	110.0	C	89.2	5358	ABC	84.8	A	35.4	ABC	12.1	ABC
TESTIGO			1268.2	A	0.0	1020.8	A	0.0	4433	E	82.0	B	30.4	D	12.5	AB
Media			927.2			443.9			4973.3		83.7		34.1		12.4	
C.V.7			12.1			37.8			6.6		2.0		3.6		2.4	
M.D.S. (P<0.05)			155.7			232.8			453.4		2.3		1.7		0.6	

<sup>1</sup>Área debajo de la curva del progreso de septoriosis de la hoja; <sup>2</sup>Eficiencia de control; <sup>3</sup>Área debajo de la curva del progreso de roya de hoja; <sup>4</sup>Rendimiento en kg/ha; <sup>5</sup>Peso hectolítrico; <sup>6</sup>Peso de mil granos; <sup>7</sup>C.V.: coeficiente de variación.

Las cifras seguidas por la misma letra, no difieren entre si al nivel de 0.5% de probabilidad por MDS.

**Cuadro 10.** Porcentaje de área foliar afectada por septoriosis de la hoja en cinco estados fenológicos, coeficiente de infección de roya de la hoja en tres estados fenológicos y área debajo de la curva de infección de ambas enfermedades para distintos tratamientos fungicidas. La Estanzuela, 2006.

Fungicida	Fungicida Dosis cc/ha	Coad. cc/ 100L	S0-HB <sup>1</sup> 29/8/06	S1-EMB <sup>2</sup> 11/9/06	S2-1/2G <sup>3</sup> 26/9/06	S3-AL <sup>4</sup> 10/10/06	S4-PB <sup>5</sup> 19/10/06	AUDPC ST <sup>6</sup>	CIRH <sup>7</sup>	CIRH <sup>8</sup>	CIRH <sup>9</sup>	AUDPC RH <sup>10</sup>	RH								
Swing + Plurofac	1000 + 100		12	25.0	A	15.0	AB	19.3	B	23.0	B	970.4	B	9.4	B	13.3	B	16.9	BC	459.6	B
Allegro + Plurofac	1000 + 100		12	25.0	A	11.8	BC	11.0	D	12.8	CD	782.3	CD	1.5	C	2.7	C	10.8	CD	143.7	C
Opera + Plurofac	1000 + 100		12	17.5	C	12.3	BC	11.5	D	11.5	D	684.6	D	0.0	C	0.8	C	1.8	E	51.2	C
Folicur + Silwet	450	50	12	25.0	A	14.3	BC	19.3	B	23.8	B	962.9	B	9.6	B	13.3	B	22.5	B	489.4	B
Nativo + Optimizer	800 + 500		12	20.8	ABC	13.0	BC	12.3	CD	11.5	D	749.6	D	0.9	C	1.8	C	9.0	CDE	112.1	C
Artea + Silwet	400	50	12	23.8	AB	13.8	BC	18.0	BC	20.0	BC	906.9	BC	13.1	B	15.8	B	22.5	B	591.6	B
Amistar + Nimbus	300 + 500		12	21.3	ABC	15.0	AB	14.3	BCD	17.5	BCD	835.6	BCD	2.7	C	4.5	C	15.8	BC	213.5	C
Amistar + Nimbus (2)	200 + 500		12	17.5	C	13.0	BC	13.0	CD	13.5	CD	721.8	D	1.2	C	1.7	C	3.8	DE	93.8	C
Amistar Xtra + Nimbus	350 + 500		12	19.5	BC	11.3	C	11.8	D	13.0	CD	707.8	D	0.0	C	1.8	C	12.4	C	110.0	C
TESTIGO			12	23.3	AB	18.3	A	32.1	A	50.8	A	1268.2	A	22.3	A	32.1	A	33.2	A	1020.8	A
Media				22.1		14.5		18.9		24.9		927.2		8.8		12.6		17.9		443.9	
C.V.				17.1		18.3		22.3		23.3		12.1		48.1		45.7		34.2		37.8	
M.D.S. (P<0.05)				5.2		3.7		5.8		8.1		155.7		5.9		8.0		8.5		232.8	

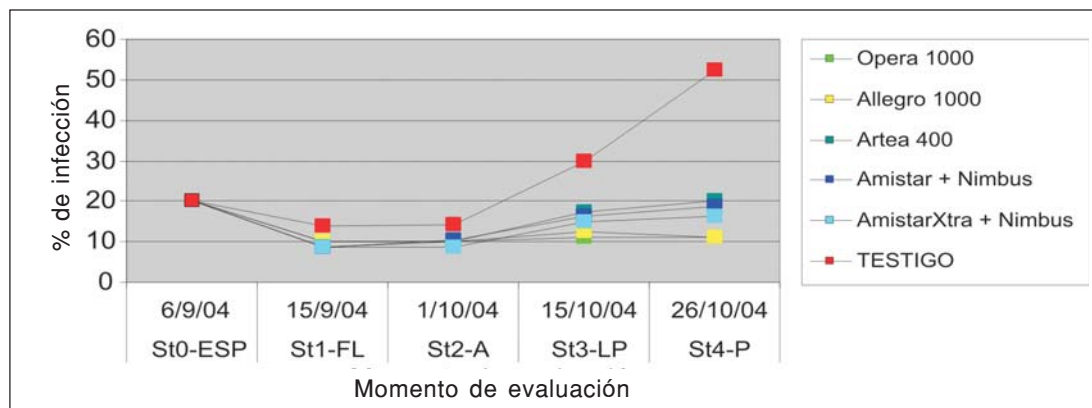
<sup>1</sup>Septoriosis de la hoja en hoja bandera; <sup>2</sup>En embuche; <sup>3</sup>En medio grano; <sup>4</sup>En acuoso – lechoso; <sup>5</sup>En pasta blanda; <sup>6</sup>Área debajo de la curva del progreso de septoriosis; <sup>7</sup>: Coeficiente de roya de hoja en medio grano; <sup>8</sup>En acuoso – lechoso; <sup>9</sup>En pasta blanda; <sup>10</sup>Área debajo de la curva del progreso de roya de la hoja.

Las cifras seguidas por la misma letra, no difieren entre si al nivel de 0.5% de probabilidad por MDS.

Los dos años fueron similares en cuanto al desarrollo de septoriosis de la hoja, como lo muestran las curvas de la evolución de la enfermedad después de la aplicación del fungicida (Figuras 4 y 5). Varían los tratamientos manteniéndose 5 tratamientos en común (Opera, Allegro, Artea, Amistar y Amistar Xtra más Nimbus).

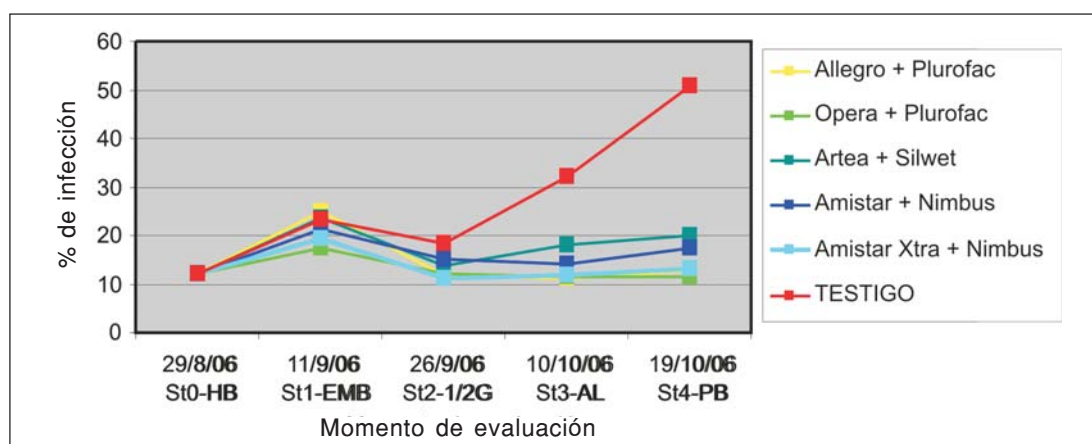
En el 2004, el nivel de septoriosis de la hoja se redujo con los fungicidas Opera, Allegro y AmistarXtra desde el 6 de septiembre, fecha en que se aplicaron los tratamien-

tos en el estado fenológico de espigazón, hasta el 26 de octubre (50 días) cuando el estado fenológico era de grano pastoso. El Artea y el Amistar mantuvieron el nivel de infección pero no lo redujeron. En el 2006 el Opera, Allegro y AmistarXtra mantuvieron el nivel de septoriosis de la hoja por 51 días, mientras que el Artea y el Amistar lo mantuvieron por 28 días. El resumen de las eficiencias de control de los distintos tratamientos fungicidas probados durante los años 2004 y 2006 se presenta en el Cuadro 11.



**Figura 4.** Evolución de la septoriosis de la hoja en el cultivar Greina después de la aplicación de fungicidas. La Estanzuela, 2004.

Porcentaje de septoriosis de la hoja en espigado (St0-ESP); en floración (St1-FL); en acuoso (St2-A); en lechoso pastoso (St3-LP) y en pasta (St4-P).



**Figura 5.** Evolución de la septoriosis de la hoja en el cultivar Estanzuela Cardenal, después de la aplicación de fungicidas. La Estanzuela, 2006.

Porcentaje de septoriosis de la hoja en hoja bandera (St0-HB); en embuche (St1-EMB); en medio grano (St2-1/2G); en acuoso –lechoso (St3-AL) y en pasta blanda (St4-PB).

**Cuadro 11.** Eficiencia de control promedio y rango de eficiencia de los fungicidas evaluados para el control de septoriosis de la hoja. La Estanzuela 2004, 2006.

Principio activo	Nombre comercial	Eficiencia de control (%)	Rango de eficiencia (%)
Pyraclostrobin + Epoxiconazol 133 + 50 g/L	OPERA 1000	78	77-79
Kresoxim-metil + Epoxiconazol 125 + 125 g/L	ALLEGRO 1000	77	75-79
Azoxistrobin + Ciproconazol 200 + 80 g/L	AMISTARXTRA + NIMBUS 350+500	72	69-74
Azoxistrobin 250 g/L	AMISTAR + NIMBUS 300+500	65	64-66
Ciproconazol + Propiconazol 80 + 250 g/L	ARTEA 400	62	61-62

**Cuadro 12.** Eficiencia de control de septoriosis de la hoja de los fungicidas con más de 2 años de evaluación desde 1984 al 2009. La Estanzuela 1984-2008.

Producto Comercial/ Dosis	Principio activo	E.C. Prom <sup>1</sup> 1984-2008	Años eval.	Rango de EC
Silvacur 625 / Folicur 450 (2000)	Tebuconazol 232 / 432 g/L	I	6	46-93
Sportak 1000	Procloraz 450 g/L	B	6	0-44
Alto 800	Cyproconazol 100 g/L	I	5	40-90
Punch 310	Flusilazol 400 g/L	I	5	38-77
Tilt500	Propiconazol 250 g/L	I	5	37-74
Sportak + Alto 750-400	Procloraz + Cirpoconazol 450 + 100 g/L	I	5	29-73
Impact 1000	Flutriafol 125 g/L	B	5	33-58
Carbendazim 750	Carbendazim	I	4	37-65
Opera 1000	Pyraclostrobin + Epoxiconazol 133 + 50 g/L	A	3	72-79
Allegro + Plurafac 1000	Kresoxim-metil + Epoxiconazol 125 + 125 g/L	A	2	75-79
AmistarXtra + Nimbus 350+500	Azoxistrobin + Ciproconazol 200 + 80 g/L	A	2	69-74
Amistar + Nimbus 300+500	Azoxistrobin 250 g/L	I	2	64-66
Artea 400	Ciproconazol + Propiconazol 80 + 250 g/L	I	2	61-62
Opus / Swing 1000 (95)	Carbendazim + Epoxiconazol 125 + 125 g/L	I	2	33-69
Real (semilla)	Triticonazol 200 g/L	B	2	13-22

<sup>1</sup> E.C. Prom: eficiencia de control promedio.

Todos los fungicidas probados excepto el Sportak y el Real controlaron muy bien a la enfermedad. En ensayos anteriores el Sportak tuvo un comportamiento muy similar al testigo sin tratar y el Real (tratamiento curasemilla) tuvo un comportamiento intermedio entre el testigo y los mejores tratamientos de aplicación foliar. El tratamiento con Real protege de las infecciones tempranas (Díaz de Ackermann, 1996). Los resultados obtenidos se sintetizan en el Cuadro 12.

## CONSIDERACIONES FINALES

Para reducir la incidencia de septoriosis de la hoja en el cultivo de trigo se deben seguir los siguientes pasos: seleccionar el cultivar a sembrar menos susceptible, elección de la chacra según historia previa, si se hace laboreo convencional, realizar labores que destruyan rápidamente el rastrojo, si se hace siembra directa, rotar con otros cultivos o analizar el rastrojo. Si habiendo hecho las elecciones correctas en los pasos antes mencionados aún persiste el pro-

blema, recurrir al control químico, dependiendo las medidas a tomar de cada chacra en particular.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADHIKARI, T.B.; ANDERSON, J.M.; GOODWIN, S.B.** 2003. Identification and molecular mapping of a gene in wheat conferring resistance to *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology* 93: 1158-1164.
- ADHIKARI, T.B.; CAVALETTO, J.R.; DUBCOVSKY, J.; GIECO, J.O.; SCHLATTER, A.R.; GOODWIN, S.B.** 2004a. Molecular Mapping of the *Stb4* gene for resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat. *Phytopathology* 94:1198-1206.
- ADHIKARI, T.B.; YANG, X.; CAVALETTO, J.R.; HU, X.; BUECHLEY, G.; OHM, H.W.; SHANER, G.; GOODWIN, S.B.** 2004b. Molecular mapping of *Stb1*, a potentially durable gene for resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 109:944-953.



- ADHIKARI, T.B.; WALLWORK, H.; GOODWIN, S.B.** 2004c. Microsatellite markers linked to the *Stb2* and *Stb3* genes for resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat. *Crop Science* 44:1403-1411.
- AO C. HANN; GRIFFITS, E.** 1976. Change in virulence of *Septoria nodorum* and *S. tritici* after passage through alternative hosts. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 66:337-340.
- ARSENIJEVIC, M.** 1965. *Septoria tritici* Rob. ext Desm. as a wheat parasite in the S. R. Serbia. *Institut za Zastitu Dilja Sr. Srbije, Belgrado.* 16: 1-7070.
- ARRAIANO, L.S.; WORLAND, A.J.; ELLERBROOK, C.; BROWN, J.K.M.** 2001. Chromosomal location of a gene for resistance to *Septoria tritici* blotch (*Mycosphaerella graminicola*) in the hexaploid wheat «Synthetic 6x». *Theoretical and Applied Genetics*,103:758-764.
- BALLANTINE, B.** 1989. Pathogenic variation in Australian cultures of *Mycosphaerella graminicola*. En: Third International workshop of *Septoria* disease of cereals. July 4 7, 1989, Zurich, Switzerland. p. 34 35.
- BOCKUS, W. W.; BOWDEN, R. L.; HUNGER, R. M.; MORRILL, W. L.; SMILEY, R. W.** 2010. Compendium of wheat diseases and pests. 3<sup>rd</sup> ed. APS Press, St. Paul, MN. 171 p.
- BOERGER, A.** 1943. Investigaciones Agronómicas. Barreiro y Ramos, Montevideo. v. 2, p. 243 301.
- BRADING, P.A.; VERSTAPPEN, E.C.P.; KEMA, G.H.J.; BROWN, J.K.M.** 2002. A gene-for-gene relationship between wheat and *Mycosphaerella graminicola*, the *Septoria tritici* blotch pathogen. *Phytopathology* 92:439-445.
- BROKENSHIRE, T.** 1975. Wheat seed infection by *Septoria tritici*. *Trans. Br. Myco. Soc.* 64: 331-334.
- BROKENSHIRE, T.** 1976. The reaction of wheat genotypes to *Septoria tritici*. *Ann. Appl. Biol.* 82:415-423.
- BRONNIMANN, A.** 1968. Investigations of *Septoria nodorum* Berk of wheat. *Mitt. Schweis. Landwirt.* 16:65-76.
- CASTRO, M.; DÍAZ, M.; GERMÁN, S.; VÁZQUEZ, D.** 2010. II. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo período 2007-2008-2009. En: Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de trigos, cebadas y colza de los 3 últimos años período 2007-2008-2009. Resultados Experimentales N° 10. INASE INIA Uruguay, abril de 2010.
- CHARTRAIN, L.; BRADING, P.A.; MAKEPEACE, J.C.; BROWN, J.K.M.** 2004. Sources of resistance to septoria tritici blotch and implications for wheat breeding. *Plant Pathology*, 53:454-460.
- CIMMYT**, 1993. Enriquecimiento de la diversidad natural. En: El CIMMYT en 1993, Mexico D.F. p. 5 -7.
- CONSOLO, V.F.; ALBANI, C.M.; BERÓN, C.M.; SALERNO, G.L.; CORDO, C.A.** 2009. A conventional PCR technique to detect *Septoria tritici* in wheat seeds. *Australasian Plant Pathology* 38: 222-227.
- CUNFER, B.** 1994. Taxonomy and nomenclature of *Septoria* and *Stagonospora* species on cereals. En: 4th. International Workshop on: *Septoria* of cereals. July 4-7, 1994, Ihar Radzików, Polonia. 38:15 -22.
- CZEMBOR, P; ARSENIUK, E.; RAFALSKI, A.** 1994. Use of Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) assay for differentiation of *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum* isolates. En: 4th. International Workshop on: *Septoria* of cereals. July 4-7, 1994, Ihar Radzików, Polonia. 38: 57 – 62.
- DANON, T.; SACKS, J.; EYAL, Z.** 1982. The relationships among plant stature, maturity class and susceptibility to *Septoria* leaf blotch of wheat. *Phytopathology* 72: 1037-1042.
- DÍAZ DE ACKERMANN, M.** 1996. Mancha Foliar del Trigo causada por *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter estado perfecto de *Septoria tritici* Rob. ex Desm. Serie Técnica INIA, v. 74, p. 43-62.
- DÍAZ DE ACKERMANN, M.** 1983. Variabilidad patogénica de *Septoria tritici* Rob. ex Desm. *Investigaciones Agronómicas* 4:46-50.
- DÍAZ DE ACKERMANN, M.; STEWART, S.; IBAÑEZ, W.; CAPDEVILLE, F.; STOLL, M.** 1994. Pathogenic variability of *Septoria tritici* in isolates from South America. En: 4th. International Workshop

on *Septoria* of cereals. July 4-7, 1994, Ihar Radzików, Polonia. 38: 335-338.

**DJERBI, A.; GHODBANE, A.; DAALOUL, A.; VARUGHESE, G.** 1976. Studies on the *Septoria* leaf blotch disease of wheat: search for resistant germoplasm to *Septoria tritici* Rob. and Desm. Poljopr. Znan. Smotra 39:137-142.

**EYAL, Z.; AMIRI, Z.; WAHL, I.** 1973. Physiologic specialization of *Septoria tritici*. Phytopathology 63: 1087-1091.

**EYAL, Z.; SCHAREN, A.; PRESCOTT, J.; GINKEL, M. VAN.** 1987. Enfermedades del trigo causadas por *Septoria*: Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. CIMMYT. Mexico, D.F., México, 52 p.

**FELLOWS, H.** 1962. Effects of light, temperature and fertilizer on infection of wheat leaves by *Septoria tritici*. Plant Disease Reporter 46:846-848.

**FOURNET, J.** 1969. Properties et rôle du cirrhe du *Septoria nodorum* Berk. Ann. Phytopathology 1:87-94

**GILCHRIST, L.; MADARIAGA, R.** 1980. Antecedentes sobre septoriososis (*Septoria tritici* Desm.) en Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria, Santiago, Chile. 25 p.

**GOODWIN, S.B.; THOMPSON, I.A.** 2010. Development of isogenic lines for resistance to *Septoria tritici* blotch in Wheat. En: 8th. International Wheat Conference Proceedings. St. Petersburg. Rusia. June 1-4, 2010. p. 206.

**GOLD, R.** 1993. Cytological studies on the mode of action of epiconazole a new triazole fungicide. En: 6<sup>th</sup> International Congress of Plant Pathology, Montreal, Canada, p. 91.

**HAYDEN, N.; JONES, D.; GILLISON, L.** 1994. The role of legume-fixed nitrogen and mixed cropping systems in the management of *Septoria tritici*. En: 4th. International Workshop on: *Septoria* of cereals. July 4-7, 1994, Ihar Radzików, Polonia. 38: 243-246.

**HILU, H.; BEVER, M.** 1957. Inoculation, over summering and susceptible pathogen relationship of *Septoria tritici* on *Triticum* species. Phytopathology 47: 474-480.

**HOSFORD, R. JR.,** 1982. Tan Spot. En: Tan spot of wheat and related diseases workshop. July 14-15, 1981. North Dakota State University, Fargo, North Dakota. p. 1-25.

**JAMES, W.** 1971. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation, and usage. Can. Plant Dis. Surv. 51:39-65.

**JORGENSEN, L.; HUSTED, K.** 1994. Use of ELISA techniques for *Septoria tritici* and *Septoria nodorum* as a tool for disease assessment. En: 4th. International Workshop on: *Septoria* of cereals. July 4-7, 1994, Ihar Radzików, Polonia. 38: 197 - 202.

**KEMA, G.; DA-ZHAO, Y.** 1994. Pathogenesis of *Septoria tritici* in wheat. En: 4th. International Workshop on *Septoria* of cereals. July 4-7, 1994, Ihar Radzików, Polonia.

**LEE, T.; GOUGH, F.** 1984. Inheritance of *Septoria* leaf blotch (*S. tritici*) and *Pyrenophora* tan spot (*P. tritici* *repentis*) resistance in *Triticum aestivum* cv Carifén 12. Plant Disease 68:848-851.

**MATUS TEJOS, I.** 1993. Genética de la resistencia a *Septoria tritici* en trigos harineros. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.

**MCCARTNEY, C.A.; BRULE-BABEL, A.L.; LAMARI, L.; SOMERS D.J.** 2003. Chromosomal location of a race-specific resistance gene to *Mycosphaerella graminicola* in the spring wheat ST6. Theoretical and Applied Genetics, 107(7):1181-1186.

**MUGNIER, J.; KLITTICH, C.; GLOUOT, J.; VEA, E.; HUTT, J.; GREINER, A.** 1993. Triticonazol a new seed treatment fungicide for cereals. En: 6th International Congress of Plant Pathology, Montreal, Canada. p. 92.

**NARVAEZ, I.; CALDWELL, R.** 1957. Inheritance of resistance to leaf blotch of wheat caused by *Septoria tritici*. Phytopathology 47: 529.

**PERELLÓ, A.; CORDO, C.; ARRIAGA, H.; ALIPPI, H.** 1989. Variation in virulence in *Septoria tritici* Rob ex Desm on wheat. En: 3th. International workshop of *Septoria* disease of cereals. July 4-7, 1989, Zurich, Switzerland, p. 42-46.

- PERELLÓ, A.; CORDO, C.; ARRIAGA, H.; ALIPPI, H.** 1991. Variation in virulence of *Septoria tritici* Rob ex Desm. isolates in wheat. *Agronomie* 11: 571-579
- PEREYRA, S.** 2003. Prácticas culturales para el manejo de la fusariosis de la espiga. En: Jornada de Cultivos de Invierno 2003. INIA Uruguay. Serie Actividades de Difusión N 312. p. 1-9.
- PIJLS, C.; SHAW, M.** 1993. Population genetics of fungicide resistance in *Septoria tritici*. En: 6<sup>th</sup> International Congress of Plant Pathology, Montreal, Canada. p. 54.
- PRESTES MORAES, A.** 1976. *Septoria tritici* Rob. ex. Desm. host relationships, varietal response, and influence on the development of wheat root. Thesis Ph. D. Washington, Washington State University, 85 p.
- RILLO, A.; CALDWELL, R.** 1966. Inheritance of resistance to *Septoria tritici* in *Triticum aestivum* subsp. *vulgare* Bulgaria. *Phytopathology* 56:897.
- ROSIELLE, A.** 1972. Sources of resistance in wheat to speckled leaf blotch caused by *Septoria tritici*. *Euphytica* 21:152-162.
- SAADAoui, E.** 1987. Physiologic specialization of *Septoria tritici* in Morocco. *Plant Disease* 71:153-155.
- SANDERSON, F.** 1976. *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Sanderson comb. nov, the ascogenous state of *Septoria tritici* Rob. Apud Desm. N.Z. *Journal of Botany* 14:359-369.
- SEWELL, D.; CALDWELL, R.** 1960. Use of benzimidazole and excised wheat seedling leaves in testing resistance to *Septoria tritici*. *Phytopathology* 50: 654.
- SILFHOUT, VAN C.; ARAMA P.; KEMA, G.** 1989. International survey of factors of virulence of *Septoria tritici*. En: 3<sup>th</sup> International workshop of *Septoria* disease of cereals. July 4-7, 1989, Zurich, Switzerland. p. 36-38.
- SHIPTON, W. et al.** 1971. The common *Septoria* diseases of wheat. *Botanical Review* 37:231-262.
- SOMASCO, O.A.; QUALSET, C.O.; GILCHRIST, D.G.** 1996. Single-gene resistance to *Septoria tritici* blotch in the spring wheat cultivar «Tadinia». *Plant Breeding*, 115:261-267.
- STEWART, S.; PEREYRA, S.; DÍAZ, M.** 2001. Manchas foliares de trigo y cebada en siembra directa. INIA Uruguay. En: Documento on-line N 36. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=698>. Consultado en 6 set, 2010
- TAVELLA, C.** 1978. Date of heading and plant height of wheat varieties as related to *Septoria* leaf blotch damage. *Euphytica* 27:577-580.
- VENHAM, H.** 1959. Studies on *Septoria* leaf blotch disease of wheat *Triticum aestivum* L. caused by *Septoria tritici* Desm. *New Zealand Journal of Agricultural* 2:208-213.
- WHEAT CAP (WHEAT COORDINATED AGRICULTURAL PROJECT).** Disease resistance; *Septoria tritici* blotch resistance: Stb4 (en línea). Davis, MASwheat/USDA-[NIFA]. Disponible en <http://maswheat.ucdavis.edu/protocols/Stb4/index.htm> Consultado 6 set. 2010.
- ZAMUZ, E.; RAVA, C.; LOPEZ, A.** 1970. Incidencia de *Septoria tritici* en ocho variedades de trigo sembradas en Uruguay. *La Estanzuela* 5:5-8.