

Evaluación de los daños provocados por *Puccinia striiformis* West. en cultivares comerciales invernales de trigo en la zona sur de Chile¹

Lucy Gilchrist S.²

INTRODUCCION

De las tres especies del género *Puccinia* que atacan al trigo, *Puccinia striiformis* West. es la que ocupa el primer lugar en importancia económica en la zona sur de Chile.

La incidencia de la enfermedad se ve aumentada en la zona central y sur del país ya que en estas regiones las condiciones prevalentes de temperatura moderada y alta humedad, favorecen el desarrollo del hongo. Evaluaciones del daño causado por este patógeno se han efectuado para la zona centro sur por Lagos (1969) y Cárdenas (1970).

El presente trabajo tiene por objetivo determinar los daños que es capaz de provocar este patógeno bajo las condiciones ecológicas de la zona sur, en diversos cultivares comerciales de comportamiento invernal, y estudiar este daño en relación a la intensidad alcanzada y su efecto en los diversos estados fenológicos del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Durante las temporadas 1975/76 y 1976/77 se realizaron en la Estación Experimental Carrilanca (Latitud 38° 44' S Longitud 72° 24' W), Temuco, dependiente del Instituto de

Investigaciones Agropecuaria (INIA), dos ensayos de campo en el período invernal para medir el daño causado por *Puccinia striiformis* West. a partir de una infección natural. La ubicación geográfica de la Estación Experimental proporciona las condiciones ecológicas óptimas para el desarrollo de la enfermedad.

Con este propósito se usaron los cultivares Melifén, con resistencia al polvillo durante el período de desarrollo foliar, y que presenta ataque en sus glumas; Inter-Baer, resistente; Capelle Desprez y Hesbignon como cultivares susceptibles, y la línea 503 como altamente susceptible. Esta última corresponde a una línea experimental de alto rendimiento, la que por cambios del patógeno quebró su resistencia en el período de multiplicación previo a convertirse en cultivar.

Se utilizaron parcelas de cinco surcos, de cinco metros de largo por 1,5 m. de ancho, en un diseño de bloque al azar con cuatro repeticiones. Para la siembra y mantención del ensayo se siguieron las recomendaciones técnicas indicadas para el cultivo de la zona sur.

Con el fin de medir el efecto del patógeno se ensayaron 15 tratamientos, tres a cada uno de los cinco cultivares. Ellos fueron: a) protección permanente; b) libre, con el fin de dejarlo expuesto a la infección natural, y c) en que recibieron solamente agua. El fungicida utilizado fue Oxycarboxin (Uniroyal), (5,6 dihidro - 2 - metil - 1,4 Oxathiin - 3 - carboxanilida 4,4 dióxido), formulado al 75% W.P., aplicado en un equivalente a 3,33 Kg/ha en 300 litros de agua. Las aplicaciones se

¹Recepción originales: 12 de junio de 1978.

La autora desea expresar sus agradecimientos al Dr. Huib Tollenaar, por su colaboración en la planificación de estos ensayos, y al Dr. Alberto Cubillos por su colaboración en el análisis estadístico de los resultados.

²Ing. Agr., Programa Cereales, Estación Experimental Carrilanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

realizaron semanalmente y con igual frecuencia se tomaron notas del porcentaje de área foliar afectada, de acuerdo al estado fenológico del cultivo (Peterson, 1965)

Además se hicieron las siguientes mediciones: rendimiento, número de granos por metro cuadrado, peso de los 1.000 granos, número promedio de granos por espiga (20 espigas tomadas al azar de cada parcela), peso del hectólitro y número de ejes por metro cuadrado.

RESULTADOS

El desarrollo de la enfermedad fue similar en ambas temporadas; sin embargo, la intensidad de la epifitía fue más severa en la temporada 1975/76. Las primeras pústulas se visualizaron alrededor de la tercera semana de octubre, pero la mayor severidad de la enfermedad comenzó a partir de los prime-

ros días de noviembre, que coincidió con el estado fenológico 7 de la escala de Feekes-Large para el cultivo de trigo. Durante los meses de noviembre y diciembre hubo un desarrollo intenso de la epifitía, la que declinó alrededor del 30 de diciembre, persistiendo solamente en las glumas de los cultivares más susceptibles; esto coincide con el estado 10.5.4 - 10.5.5 de la escala antes mencionada.

En la Figura 1 se puede observar el porcentaje de área foliar afectada en cada uno de los cultivares en diferentes estados fenológicos de desarrollo, durante la temporada 1975/76.

En el Cuadro 1 se exponen los resultados experimentales obtenidos para rendimiento, números de granos por metro cuadrado, peso de los 1.000 granos, número promedio de granos por espiga y peso del hectólitro, respectivamente. Con excepción del peso del hectólitro los resultados expuestos correspon-

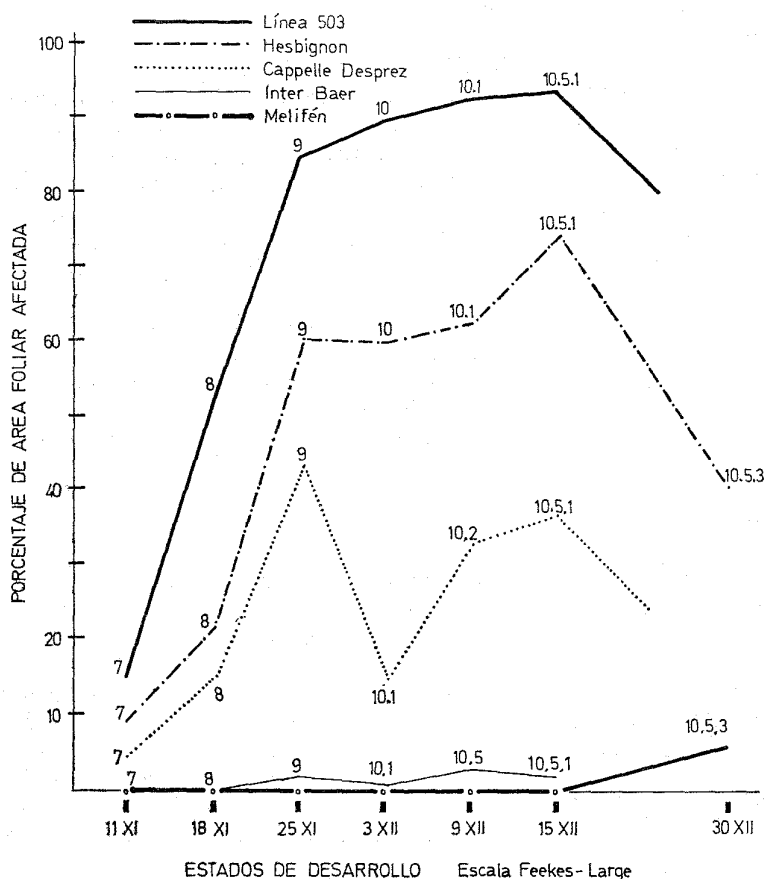


Figura 1 — Curva de desarrollo de *Puccinia striiformis* y su relación con los estados fenológicos de cinco cultivares de trigo. 1976.

Cuadro 1 — Efecto de *Puccinia striiformis* West. en el rendimiento, número de granos por metro cuadrado, peso de mil granos, número promedio de granos por espiga (promedios combinados de dos temporadas) y del peso del hectolitro (promedio de la temporada 1976-77).

Tratamientos		Rendimiento (qq/ha) ¹	Granos 1000/m ²	Peso 1000 granos (gramos)	Número promedio granos/espiga	Peso del hectolitro
Línea 503	F	53,59 cd	14,74 de	36,65 bc	50,22 b	66,1 f
	A	20,38 h	8,84 h	25,20 d	39,05 de	54,7 g
	T	22,29 h	8,53 h	27,01 d	40,98 d	55,5 g
Hesbignon	F	57,26 bc	14,57 de	40,11a	44,47 c	74,4 b
	A	43,96 fg	12,45 fg	36,14 bc	38,82 e	71,5 d
	T	40,54 g	11,23 g	36,70 bc	38,01 e	71,9 de
C. Desprez	F	55,19 cd	14,05 def	40,53a	38,52 e	73,3 b
	A	49,87 de	13,64 ef	38,60ab	37,85 e	73,4 b
	T	47,90 ef	12,32 fg	39,63ab	37,90 e	73,5 b
Inter Baer	F	57,78 bc	15,58 cd	37,55 b	44,16 c	74,8a
	A	55,03 cd	15,05 cde	37,04 bc	44,02 c	74,9a
	T	55,57 c	16,85 bc	35,11 c	40,93 de	74,5a
Melifén	F	69,90a	19,69a	36,56 bc	54,35a	71,1 e
	A	69,04a	19,42a	36,40 bc	53,71a	71,4 e
	T	60,41 b	17,52 b	36,49 bc	49,56 b	72,4 c

F = Fungicida	F ANDEVA	F ANDEVA	F ANDEVA	F ANDEVA	F ANDEVA
A = Agua	(75/76) = 26,05***	(75/76) = 9,53***	(75/76) = 7,90**	(75/76) = 6,14**	(76/77) = 346,09***
T = Testigo	F ANDEVA	F ANDEVA	F ANDEVA	F ANDEVA	F ANDEVA
	(76/77) = 23,81***	(76/77) = 13,13***	(76/77) = 6,55**	(76/77) = 8,53**	
	F ANDEVA (Combin.)	F ANDEVA (Combin.)	F ANDEVA (Combin.)	F ANDEVA (Combin.)	
	13,38***	9,27***	4,93**	8,36**	

¹Test. de Duncan al 0,01.

den a los promedios combinados de las temporadas 1975/76 y 1976/77.

Para ejes por metro cuadrado se obtuvo valores de F de 1,72 y 2,15 no siendo significativos para ninguna de las dos temporadas.

DISCUSION

Desde el punto de vista fisiológico, en el período de desarrollo de los cereales se diferencian dos etapas fundamentales: a) período de pre-antesis y su incidencia en la capacidad potencial de almacenamiento de carbohidratos, y b) período de post-antesis. En base a esto, para la discusión se analizará el comportamiento de los cultivares que tienen una susceptibilidad a la enfermedad semejante en conjunto, asociado este efecto con los períodos fenológicos antes señalados.

Periodo de pre-antesis

Si se analiza el comportamiento de la línea 503 y del cultivar Hesbignon (Figura 1), se puede observar que en ambos cultivares el área foliar afectada fluctuó desde un 60 a 90% del área fotosintética entre el estado de desarrollo 9 al 10.5.3 de la escala de Fees-Large.

Este impacto de la enfermedad causó daños significativos en el potencial de granos por metro cuadrado y número de granos promedio por espiga en ambos cultivares (Cuadro 1). Esto se corrobora al comparar el tratamiento protegido con fungicida, que mantuvo el potencial de cada cultivar, contra los tratamientos que no fueron protegidos.

Las consecuencias obtenidas por efectos de la enfermedad están de acuerdo con las ideas expuestas por Bingham (1971), quien sostiene que el potencial de rendimiento en un

cultivo está condicionado a los eventos que ocurren durante el período de pre-antesis, que es donde se determina la capacidad de almacenamiento de carbohidratos, y que en esta investigación se estima a través del número de granos/m².

Experiencias realizadas por Fischer (1975), demuestran que un sombreo entre 55 a 85 días (justo antes de la emergencia de la espiga), disminuye la producción de granos de trigo debido a una reducción de granos por metro cuadrado (vía reducción de espigas por m², y granos por espiga), ya que este período corresponde al máximo de acumulación de materia seca en la espiguilla en crecimiento. Si se hace un paralelo entre el efecto del sombreo y el de la destrucción del área fotosintética por el patógeno en este período, se podrían esperar daños mayores en este último, ya que en el primer caso no se pierde totalmente dicha área.

Por otra parte (Hendrix, W. J. Jones, Marriam W., and Schimtt, Chris G., 1965), comprobaron que una infección foliar puede ser, incluso, más dañina que una defoliación mecánica. Esto podría deberse, según estudios realizados en maceta para esta enfermedad, a que junto a la disminución del área foliar hay una reducción del desarrollo radicular, llegándose a disminuciones de un 78% del peso de éste (Doodson, J. K., Manners, J. G. and Mayers A., 1964).

Estudios realizados por Fischer (1975) en el cultivar Yecora 70 indican que la raíz crece desde la emergencia de la planta hasta antesis, y si consideramos que el ataque presentado por estos dos cultivares fue desde el estado 7 (formación del segundo nudo) hasta 10.5.3. (posterior a antesis), parte del daño que se reflejó en los parámetros analizados podría ser, además, consecuencia del daño sufrido por reducción del crecimiento de la raíz.

Periodo de post-antesis

Durante este período la enfermedad continuó con su desarrollo y aunque tuvo una pequeña disminución con respecto al período antes analizado, cabe hacer notar que hubo un fuerte ataque en la espiga, en especial en la línea 503. Como se observa en el Cuadro 1, esto se tradujo en una disminución significativa del peso de los 1.000 granos y peso del hectólitro.

Al respecto, Bingham (1971) sostiene que un alto porcentaje de los carbohidratos

presentes en el grano es producido por fotosíntesis entre antesis y madurez, y que cualquier factor que afecte el tamaño, duración y eficiencia del área fotosintética, como lo es la destrucción del área verde por el *Puccinia striiformis*, provocará una disminución de la producción de carbohidratos y, por tanto, una caída en el peso del grano, como ha ocurrido en las variedades indicadas en este estudio.

Se sabe que el rendimiento final se debe a la interacción de sus componentes y si ellos fueron afectados individualmente, se esperaría una reducción altamente significativa del rendimiento como ocurrió en ambos cultivares (Cuadro 1). Para la línea 503 esto significó una reducción de un 66,4% en la temporada 1975/76 y un 43,4% en la temporada 1976/77; para Hesbignon estos valores alcanzaron a 34,8 y 23%, respectivamente.

El cultivar Capelle Desprez alcanzó su máximo ataque en el estado 9 (40%), el que posteriormente disminuyó en forma porcentual al desarrollo total de la planta (Figura 1).

Cuando se analizaron separadamente ambas temporadas, los rendimientos para este cultivar se afectaron significativamente en la temporada 1975/76 no siendo así para la de 1976/77. Esto significó una baja de 5,7% y de 4,3% para ambas temporadas, respectivamente. Esta mayor reducción en la temporada 1975/76 se reflejó también en los cultivares antes analizados.

Esto podría deberse a que durante la temporada 1975/76 hubo períodos regulares que mantuvieron una temperatura y humedad adecuadas para la germinación de esporas y posterior desarrollo de la enfermedad. Para la temporada 1976/77 esta distribución fue favorable solamente en el mes de noviembre, siendo desfavorable en diciembre (Cuadro 2).

La temperatura óptima para la germinación de las esporas para la mayoría de las razas está considerada entre 9° y 12° C, pero se sabe que ésta depende en gran medida de su origen geográfico, y en muchos casos ésta alcanza a 24°C, Mulder y Booth (1971). Por otra parte, Cárdenas (1970) determinó en Chile, Chillán, que *Puccinia striiformis* alcanzaba una germinación de un 15,8% a 0° C, de 63,7% a 6° C y de 2% a 20° C. La germinación no se desarrollaría a 0° C ni sobre 24° C.

Respecto a la humedad relativa, en estudios controlados, Sharp (1965) determinó

Cuadro 2 — Días con temperaturas menores de 0°C, superiores a 22°C y humedad relativa superior a 95%. Temperaturas medias mínimas y medias máximas mensuales.

Mes Año	T° inferiores a 0°C		T° superiores a 22°C		T° media min. °C	T° media max. °C	Días con HR ¹ de 95%
	Días	Rango	Días	Rango			
Nov. 75	7	-1,8 a 0	3	22,8 a 27	5,1	17,9	7
Dic. 75	5	-0,2 a -0,6	9	22,8 a 25,6	5,1	20,1	7
Nov. 76	2	-0,3 a -0,6	5	22 a 25,1	6,3	19,1	10
Dic. 76	0		13	22 a 22,8	7,9	21,8	4

¹HR = Humedad Relativa, tomada a las 9 hrs.

FUENTE: Estación meteorológica. Estación Experimental Carillanca (INIA).

que el porcentaje de germinación aumentaba si las esporas se sometían 24 horas bajo condiciones de humedad saturada; si la humedad relativa disminuía a 95% el porcentaje de germinación se reducía a 3%, siendo de 100% si la humedad relativa se mantenía en 100%.

Si observamos el Cuadro 2, el mes de diciembre de 1976 tuvo solamente cuatro días con humedad relativa adecuada para la germinación de esporas, destacándose, además, que las temperaturas fueron desfavorables en un alto porcentaje de los días, tanto para la germinación como para el desarrollo posterior del hongo.

El cultivar Melifén se afectó en ambas temporadas en sus glumas, lo que se tradujo en una disminución significativa de su rendimiento, número de granos/m², número promedio de granos/espiga y peso del hectólitro en el tratamiento testigo.

Para el caso de Melifén las bajas de rendimiento fueron del orden de 12,5 y 16,1% para las temporadas 1975/76 y 1976/77, respectivamente.

El cultivar Inter-Baer se comportó como resistente en la temporada 1975/76 y como semi resistente en la temporada 1976/77, alcanzando una disminución en sus rendimientos de 2,1 y 5,9%, respectivamente.

Respecto al número de macollas por metro², éste no se afectó para ningún cultivar. Esto se explica fácilmente ya que la enfermedad inició su desarrollo cuando las macollas estaban totalmente formadas.

Resalta el hecho de que en los cultivares Melifén e Inter-Baer no hubo diferencias entre un tratamiento con agua y otro con fungicida, siendo más marcado este efecto en Melifén.

R E S U M E N

Durante la temporada 1975/76 y 1976/77 se realizaron en la Estación Experimental Carillanca (Latitud 38° 45'S, Longitud 72° 24'W), Temuco, dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), dos ensayos para medir el potencial infectivo de *Puccinia striiformis* West. a partir de una infección natural, en cinco cultivares comerciales invernales de trigo. Se relacionó la intensidad del daño de la enfermedad, en los distintos estados fenológicos del cultivo, con los componentes de rendimiento.

Se constataron pérdidas de rendimiento que alcanzaron hasta un 66%, dependiendo de la susceptibilidad del cultivar. Los componentes de rendimiento que fueron estadísticamente afectados por la enfermedad fueron: peso de los 1.000 granos, granos por metro cuadrado y número promedio de granos por espiga. Este último varió de acuerdo al desarrollo del polvillo estriado en cada cultivar, el que

atacó entre los estados 7 al 10.5.4 de la escala de Feekes-Large (7, segundo nudo, penúltima hoja recién visible; 10.5.4, término de floración, granos maduros acuosos).

S U M M A R Y

EVALUATION OF LOSSES BY *Puccinia striiformis* WEST. ON COMMERCIAL WINTER WHEAT CULTIVARS IN SOUTHERN CHILE

Two field experiments were carried out at Carillanca Experimental Station (38° 45'S Latitude, 72° 24'W Longitude) during 1975/76 and 1976/77, to determine the natural infective potencial of *Puccinia striiformis* West., on five commercial winter wheat cultivars. Disease intensity, during the different phenological stages, was related to crop yield components.

Yield losses up to 60% were observed, according to the cultivar's susceptibility. Yield components statistically affected were: 1,000 kernels' weight, number of kernels per square meter, and average number of kernels per spike. The latter varied according to the development of stripe rust on each cultivar. Stripe rust infection affected the different cultivars from stage 7 to stage 10.5.4, in the Feekes-Large scale.

L I T E R A T U R A C I T A D A

- BINGHAM, J. 1971. Physiological objectives in breeding for grain yield in wheat. Proc. Eucarpia Congress, Cambridge, pp. 15-29.
- CÁRDENAS, B. 1970. Incidencia de *Puccinia striiformis* West., sobre la producción de trigo de invierno. Chillán, Chile, Universidad de Concepción. 96 p. (Tesis Ing. Agr. mimeografiada).
- DOODSON, J. K., MANNERS, J. G. and MYERS, A. 1964. Some effects of yellow rust on the growth and yield of a spring wheat. Annals of Botany. 28 (111): 459-472.
- FISCHER, R. A. 1975. Future role of physiology in wheat breeding. Prepared for International Winter Wheat Conference Zagreb, Yugoslavia. Wheat Improvement Center (CIMMYT). 25 p.
- HENDRIX, W. J., JONES, MARIAM W. and SCHMITT, CHRIS G. 1965. Influence of stripe rust and mechanical defoliation at various stages of host development on growth and wheat yield. Washington State University. Washington Agricultural Experimental Station. Technical Bulletin 47. 18 p.
- LAGOS, C. 1969. Incidencia de los ataques de roya sobre algunos cultivares de trigo. Chillán, Chile. Universidad de Concepción. 94 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- MULDER, J. L. and BOOTH, C. 1971. *Puccinia striiformis*. Kew, Surrey, England. Commonwealth Mycological Institute s/p. (C. M. I. Description of pathogenic fungi bacterial Nº 42).
- PETERSON, R. F. 1965. Wheat. Botany, cultivation and utilization. Leonard Hill Books, Interscience Publishers Inc. London, 422 p.
- SHARP, E. L. 1965. Penetration and postpenetration environment and development of *Puccinia striiformis* West. on wheat. Phytopathology. 55 (2): 198-203.