

EL POLVILLO COLORADO DE LA HOJA *Puccinia recondita* ex. DESM. f. sp. *tritici* EN TRIGO CANDEAL *Triticum turgidum* VAR. *durum* EN LA ZONA CENTRO NORTE DE CHILE¹

Leaf rust: *Puccinia recondita* ex Desm. f. sp. *tritici* on durum wheat: *Triticum turgidum* var. *durum* in the North Central Zone of Chile

Ernesto Hacke E.² y René Cortázar S.²

S U M M A R Y

An annual average of 360 genotypes of durum wheat *Triticum turgidum* var. *durum* and 400 of bread wheat *T. aestivum* L. were studied under field conditions during 1979-1995.

In the first 7 years leaf rust was more severe on bread wheat than on durum wheat ($t = 0.93$ N.S.). The contrary happened in the next 10 years: durum wheats was significantly more attacked than bread wheat. During 1986 to 1995 many resistant durum varieties became susceptible in a relatively short time, except 6 samples of durum wheat included in the Crossing Block which maintained its resistance until 1995.

In Brazil, at EMBRAPA, Passo Fundo, 18 different rust races were identified in 38 isolations of urediospores sent from Chile. This could explain the great variability of leaf rust and the frequent changes in the behaviour of durum varieties to the disease.

Among the genes effective to chilean rust races, Lr 9, located on genome B in bread wheat, could be easily transferred to durum wheat, because this species has the same genome B.

In order to solve this problem, each year hundreds of crosses are made to obtain lines which resistance are not dependable on a single gene but on the action of many genes.

Besides the gene Lr 9 could be easily transferred to durum wheat, located on genome B of bread wheat which showed to be effective in the resistance to all Chilean races of *P. recondita*, as genome B is also carried by bread wheat.

Keys words: wheat rust, *Puccinia recondita*, *Triticum aestivum* L., *T. turgidum* var. *durum*.

INTRODUCCIÓN

El polvillo colorado de la hoja constituye actualmente la principal enfermedad que afecta al trigo candeal, *T. turgidum* var. *durum* y trigo de pan, *T. aestivum* L. en la zona centro norte de Chile, desde La Serena (latitud 29°S) hasta Talca (latitud 35°S).

El presente artículo tiene por objeto analizar en detalle lo ocurrido con el polvillo de la hoja en trigo candeal y sólo ocasionalmente se da cierta información

acerca de la importancia que ha tenido dicha enfermedad en trigo de pan en el período 1979-1995.

Durante ese período se ha constatado frecuentes cambios de comportamiento a la enfermedad en numerosas variedades resistentes de trigo candeal, las cuales en un plazo generalmente muy breve, han sido atacadas por razas virulentas nuevas o antiguas escasas que han pasado a ser prevalentes.

El Proyecto Trigo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), se ha preocupado de entregar a los agricultores variedades mejoradas, resistentes a las enfermedades en reemplazo de las que han sido atacadas por nuevas razas. Últimamente, 1996/1997, ha comenzado la multiplicación y distribución

¹Recepción de originales: 28 de octubre de 1996.

²Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

de dos variedades: Guayacán INIA y Llaleta INIA, las cuales además de su resistencia, sobresalen por su alto potencial de rendimiento, buen tipo agronómico y buena calidad industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Centro Regional de Investigación La Platina del INIA (latitud 33°34'S; longitud 70°38'O), se estudió el comportamiento a *P. recondita*, bajo condiciones de inoculación artificial de campo, de un promedio anual de 360 variedades de trigo candeal y 400 de trigo de pan, en el periodo 1979/95 (Hacke, 1992).

Todo el material estudiado estuvo incluido en ensayos de rendimiento o en los Bloques de Progenitores.

Las notas de infección de *P. recondita* se tomaron de acuerdo con la escala modificada de Cobb (Peterson *et al.*, 1948) y los coeficientes promedios de infección (CPI) que permiten expresar numéricamente la severidad de los ataques del polvillo, se calcularon multiplicando los coeficientes 0,2; 0,4; 0,8 y 1 asignados para las reacciones de resistencia, moderada resistencia, moderada susceptibilidad y susceptibilidad, respectivamente, por el área de la planta afectada por el patógeno (Roelfs, 1992).

La identificación de las razas fisiológicas se realizó en Brasil, en virtud de un acuerdo de investigación existente entre Chile y ese país, como parte del Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (PROCISUR). Con tal finalidad, en el período 1986-1993, se enviaron a EMBRAPA, en Passo Fundo, muestras de uredosporas obtenidos en trigos candeales susceptibles. Las razas fueron determinadas por los fitopatólogos A.L. Barcellos y M.C. Medeiros, y el sistema de nomenclatura utilizado, en los tres primeros años, fue el tradicional de Brasil (Barcellos, 1986) y más adelante, por el sistema norteamericano (Long y Kolmer, 1989), adaptado a las condiciones de Brasil (Cuadro 5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La intensidad de los ataques del polvillo de la hoja, expresada en CPI, en el período 1979-1985, caracterizado por niveles de infección moderadamente bajos, fueron más altos en los trigos de pan que en los candeales, como se observa en el Cuadro 1. En los primeros, el CPI promedio fue 5,4 y en los últimos, 2,3 pero no hubo diferencia estadísticamente significativa. Lo contrario ocurrió en el período 1986-1995, en el cual el CPI promedio 15,4 en los candeales fue significativamente mayor que en los trigos de pan, cuyo promedio alcanzó sólo a 7,5 ($t = 3,16^*$).

CUADRO 1. Comparación de los coeficientes promedio de infección CPI¹ de *Puccinia recondita* obtenidos en variedades de trigo candeal *Triticum turgidum* var. *durum* y de trigo de pan *T. aestivum* L. en el CRI La Platina

TABLE 1. Comparison of average coefficient of infection ACI on durum wheats (*Triticum turgidum* var. *durum*) and bread wheat varieties (*T. aestivum* L.) at CRI La Platina during 1979-1995

Año	CPI <i>P. recondita</i>	
	Trigo candeal	Trigo de pan
1979	3,9	1,7
1980	5,9	17,3
1981	4,0	0,0
1982	1,2	10,6
1983	1,1	2,5
1984	0,1	4,0
1985	0,0	2,0
Promedio 1979-1985	2,3	5,4
t = 0,93 No significativo P. 0,05.		
1986	22,7	6,5
1987	16,4	15,3
1988	4,9	3,0
1989	9,3	5,2
1990	3,4	8,4
1991	20,1	5,8
1992	20,9	16,6
1993	13,2	0,0
1994	19,5	7,0
1995	21,4	7,5
Promedio 1986-1995	15,2	7,5
t = 3,16* Significativo. P. 0,05.		

¹Los CPI resultan de multiplicar el porcentaje del área foliar afectada por la enfermedad por coeficientes asignados a cada tipo de infección: Inmune (I) = 0; Resistente (R) = 0,2; Moderadamente Resistente (MR) = 0,4; Moderadamente Susceptible (MS) = 0,8; Susceptible (S) = 1,0.

Durante el período 1986-1995 se constató que numerosas variedades de trigo candeal resistentes en un determinado año, dejaron de presentar resistencia posteriormente, como puede constatar en los cuadros 2 y 3.

En estos cuadros relativos a líneas avanzadas incluidas en ensayos de rendimiento y a progenitores utilizados como fuentes de resistencia en cruza-mientos, se mencionan sólo los casos de cambios de comportamiento de resistencia a susceptibilidad que podrían atribuirse al efecto de nuevas razas virulentas. Consecuentemente no se incluyeron en los cuadros 2 y 3 las variedades de trigo que

CUADRO 2. Líneas avanzadas de trigo candeal resistentes a *P. recondita* bajo condiciones de campo, las cuales presentaron reacción de tipo susceptible posteriormente

TABLE 2. Advanced durum wheat lines (*T. turgidum* var. *durum*) resistant to *P. recondita* under field conditions that became susceptible in later evaluations

Nº de líneas avanzadas resistentes	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	R	S								
4							R	S		
1									R	S
4								R	R	S
3						R	R	S		
2							R	R	S	
1			R	R	S					
6				R	R	S				
1						R	R	R	S	
6							R	R	R	S
1						R	R	R	S	S
7			R	R	R	S				
1		R	R	R	S					
1		R	R	R	R	S				
1	R	R	R	R	R	S				

R = Resistente. S = Susceptible.

presentaron reacción moderadamente resistente en un año y moderadamente susceptible al siguiente, debido a que ambas reacciones, que están en el límite de la resistencia y susceptibilidad, pueden variar en uno u otro sentido, debido a que las condiciones ambientales presentes en un año pueden ser diferentes a las del otro.

En efecto, se sabe que la temperatura es un factor importante en la reacción de las variedades de trigo al polvillo (Stakman y Harrar, 1957 y Roelfs, 1988).

De las líneas avanzadas resistentes, incluidas en el Cuadro 2, el 80% de ellas se atacaron por razas virulentas al tercer o cuarto año.

Donde la inestabilidad de la resistencia al polvillo del la hoja causa los mayores problemas al programa de fitomejoramiento, es en el germoplasma de resistencia incluido en el Bloque de Progenitores, por cuanto si un trigo, que es utilizado en cruzamientos para resistencia, es atacado más adelante por nuevas razas virulentas, un alto porcentaje de los descendientes va a ser susceptible. En el Cuadro 3, en el cual se mencionan 22 progenitores que dejaron de presentar resistencia, en 16, la resistencia fue efectiva durante 2 y 3 años y en las restantes la resistencia se mantuvo 4 a 8 años. Entre las variedades, cuya resistencia fue efectiva durante 5 y 6 años, se estima de interés mencionar las variedades Ruff"S"/Fg"S"/Mex/3/Shwa"S" y Frig"S"/Ruff/Fgo"S", las cuales hasta 1987 eran consideradas sólo lí-

neas avanzadas y 2 años después fueron distribuidas como variedades comerciales con los nombres de Licán INIA y Chonta INIA (Ramírez *et al.*, 1990).

De las 22 variedades que se presentan en el Cuadro 3 sólo la variedad SOMO, conservó su resistencia durante 8 años.

A diferencia de los casos que se dan a conocer en los cuadros 2 y 3, en el Cuadro 4 se presentan 6 líneas avanzadas cuya resistencia ha sido efectiva entre 4 y 9 años y las cuales hasta 1995 no han sido atacadas por razas virulentas.

Entre este material resistente se mencionan 2 líneas avanzadas de trigo, distribuidas recientemente como variedades comerciales: Guayacán INIA y Llareta INIA.

Desde que se presentaron los severos ataques de *P. recondita* en trigo candeal en 1986 (Cortázar *et al.*, 1989) en el cual el 89,9% de las líneas avanzadas resistentes y el 75,7% de los progenitores de trigo candeal, dejaron de mostrar resistencia, en circunstancias que en los 4 años precedentes, la enfermedad se presentó en niveles bajísimos (Cuadro 1); se comenzó a enviar muestras de uredosporas a Brasil, hasta 1993, para la identificación de razas fisiológicas. Como resultado de este estudio, durante ese período se determinaron 17 razas diferentes en 38 aislamientos estudiados (Cuadro 5).

CUADRO 3. Variedades de trigo candeal incluidas en el Bloque de Progenitores utilizadas como fuentes de resistencia a *P. recondita*, las cuales en años posteriores mostraron reacción de tipo susceptible

TABLE 3. Durum wheat lines (*T. turgidum* var. *durum*) included in the Crossing Block as sources of resistance to leaf rust that later showed a susceptible type of reaction

Variedad	Año de ingreso al BP ¹	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
RASCON 6 CD 83484-A-5M-030YRC-040M-16YRC-0PAP	1992							R ²	R	S ³	
SERETA CD 75048-F-1Y-020H-0BW-9YRC-0PAP	1992							R	R	S	
HUI"S"/YAV"S"//FULI"S" ALTAR 84, CD 63351-B-3Y-2M-1Y-3M-2Y-0M	1990					R	S				
STIL"S"/YAV"S"//DESTE"S"	1990					R	S				
MEMO"S"/YAVAROS 79	1990					R	S				
ALTAR/ALD"S"	1990					R	S				
STN"S"/ALTAR 84/3/GS"S"/FG"S"//CNDO CD 72067-A-1M-3Y-2B-1Y-0B	1990					R	S				
RDK"S"/FG"S"//STIL"S"	-					R	R	S			
MO"S"/YAV79 CD 52723-8B-3Y-1M-0Y	1988			R	R	R	S				
CARC"S"/AUK"S" CD 56981-4Y-1M-1Y-0M	1989				R	R	R	S			
SULA"S"//WLS/DWL5023 CD 66590-B-1B-1Y-14H-1Y-0M	1989				R	R	R	S			
SN Turk M182.83.91	1988			R	R	R	S				
ATES 1-D	1991						R	R	R	S	
ATES 2-D	1991						R	R	R	S	
Tc/Afn A-12919-6p-2p-3p	1987		R	R	R	S					
DON PEDRO 87	1989				R	R	R	S			
Sco/Rabi"S"/MEXI75/3/Yav"S"/4/CAS"S"/7G"S" CD 65532-A-4M-1Y-3M-0Y	1987		R	R	R	R	R	S			
CMH 76 ^a 912//5948 AP/5*TzPP	1986	R	R	R	R	S					
LICÁN INIA Ruff"S"/Fg"S"//Mex/3/Shwa"S" CD 22344-A-8M-1Y-1M-1Y-2Y-1M-0Y	1986	R	R	R	R	R	S				
CHONTA INIA Frig"S"//Ruff/Fgo"S" CD 39620-10P-1P-3P	1986	R	R	R	R	R	R	S			
F2M DUR/PI 981-C6 A-F8-SEL2	1989				R	R	R	R	R	R	S
SOMO	1986	R	R	R	R	R	R	R	R	S	

¹BP = Bloque de Progenitores.

²R = Resistente.

³S = Susceptible.

CUADRO 4. Variedades de trigo candeal (*Triticum turgidum* var. *durum*), incluidas en el Bloque de Progenitores que han mantenido su resistencia a *P. recondita* entre 4 y 9 años

TABLE 4. Resistant durum wheat lines (*T. turgidum* var. *durum*) included in the Crossing Block that have maintained its resistance during 4 to 9 years until now (1995)

Variedad	Año de ingreso al BP ¹										
		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995 ²	
JOB	1987	R ³	R	R	R	R	R	R	R	R	R
BGTO/SHWA"S" MAL"S"	1989			R	R	R	R	R	R	R	R
YeI"S"/BAR"S"/3/GR"S"/AFN/CR"S"/5/DOM"S"/CR"S"* 2/GS"S"/3/SCO"S"/4/HORA/6/LAP76/GUIL"S" CD 68057.1Y.7M.1Y.1M.1Y.1M.0Y	1990				R	R	R	R	R	R	R
ALTAR84/CMH82A.1062//RISSA"S" PLAC 6991 CD 83484.A.6YRC.0M.2P PLAC 3089	1990					R	R	R	R	R	R
LLARETA INIA D67.54.4A.9"/JO"S"/RD119.200.4Y/3/SHL 77 CD 64399.4p.2p.3p	1991					R	R	R	R	R	R
GUAYACÁN INIA ALTAR84/STINT"S"/SILVER CD 80545.A.1Y.030 YRC.040M.3YRC.0PAP	1992						R	R	R	R	R

¹BP = Bloque de progenitores.

²En 1996 continuaron mostrando resistencia.

³R = Resistente.

El gran número de razas diferentes identificadas en un número reducido de aislamientos, explicaría la gran variabilidad patogénica de la roya de la hoja y los diferentes cambios de comportamiento de los genotipos de trigo candeal estudiados.

De los genes de resistencia al polvillo de la hoja empleados para la determinación de las razas fisiológicas que fueron: Lr 2a, 2c, 2d, 10, 16, 17, 18, 21, 9, 19, 24, 1, 3, 3 Ka, 14a, 14b, 26, 23, 11, 30, 20 y ALD, los únicos efectivos fueron Lr 16, 21, 9, 19 y 24. Sin embargo, en Chile, el Lr 16 ha demostrado ser inefectivo bajo condiciones de invernadero y campo.

De los cuatro genes resistentes a todas las razas chilenas de *P. recondita* virulentas en trigo candeal: Lr 9, 19, 21 y 24, mencionadas anteriormente, Lr 9 ubicado en el genomio B de trigo de pan (Roelfs, 1988), es el único que puede traspasarse a trigo candeal fácilmente, por cuanto esta última especie de trigo también lleva el genomio B. Sobre la base de estos antecedentes, se está utilizando actualmente Lr 9 en cruzamientos para dar resistencia al polvillo en trigo candeal. Respecto a los otros genes,

Lr 19, 21 y 24, no es posible traspasarlos sin problemas a trigo candeal, por cuanto están ubicados en el genomio D que no tiene el trigo candeal.

Dado el frecuente cambio de comportamiento de los candeales resistentes, frente al polvillo, el Programa Trigo del INIA, ha redoblado los esfuerzos para la obtención de variedades mejoradas de trigo candeal con resistencia más durable. Con tal finalidad, anualmente, se realizan varios centenares de cruzamientos de genotipos de trigo candeal de buenas características agronómicas, pero susceptibles al polvillo, con varias fuentes de resistencia. Asimismo, se cruzan genotipos resistentes entre sí, con el propósito de reunir genes diferentes que protejan en mejor forma al trigo del cambio de razas, por cuanto el patógeno requeriría de varias mutaciones para virulencia, para vencer la resistencia (Samborski, 1985).

Como fruto del esfuerzo realizado se han obtenido numerosas líneas de trigo candeal resistentes que reúnen, además, buenas características agronómicas y buena calidad industrial.

CUADRO 5. Razas fisiológicas de *P. recondita* identificadas en EMBRAPA, Passo Fundo, Brasil, en el período 1986 a 1993, en muestras de uredosporas enviadas desde Chile¹

TABLE 5. Chilean physiologic races identified at EMBRAPA, Passo Fundo, Brazil, during 1986 to 1993

Año	Denominación brasileña de las razas ²	Número de aislamientos
1986	B27	1
	B12	1
	B28	1
1987	B25	9
1988	B28	2
Denominadas de acuerdo con el sistema internacional Long y Kolmer (1989) ³		
1989	NCH-LT	1
	MBG-ML	1
	SBJ-LR	1
1990	NBH-RR	1
	MCG-MN	2
	MCH-RN	1
	LCG-MS	1
	MBG-ML	1
1993	LCG-LT	1
	MCG-MN	2
	MCG-RN	1
	DBB-MR ⁴	3
	DBB-RR ⁴	3
	DBB-RH ⁴	2
	DBB-MH	2
DBB-QR	1	

¹Razas identificadas en EMBRAPA, Passo Fundo, Brasil, por los fitopatólogos A.L. Barcellos y M.C. Medeiros.

²En 1986-1988 las razas identificadas se denominaron con la letra B (Brasil) seguidas de un número correlativo.

³Las razas identificadas en el período 1989-1993 se denominaron con letras según el sistema de nomenclatura Long y Kolmer (1989), adaptada a las condiciones de Brasil.

⁴Razas aún no identificadas en aislamientos autóctonos de Brasil.

RESUMEN

Se estudió la reacción al polvillo de la hoja (*Puccinia recondita*), bajo condiciones de campo de un promedio anual de 360 genotipos de trigo candeal (*Triticum turgidum* var. *durum*) y 400 de trigo de pan (*T. aestivum* L.) en el período 1979-1995.

En los primeros 7 años, los ataques del polvillo fueron más severos en los trigos de pan que en los candeales ($t = 0,93$ NS). Lo contrario ocurrió en los 10 años restantes en los cuales éstos se atacaron significativamente más que los trigos de pan ($t = 3,16^*$). Durante el período 1986-1995 se constató que numerosos candeales resistentes dejaron de presentar resistencia al corto o mediano plazo con la sola excepción de 6 progenitores, que han mantenido su resistencia hasta 1995.

En estudios de especialización fisiológica del polvillo, realizados en EMBRAPA, Passo Fundo, Brasil, en el período 1986-1993, se determinaron

18 diferentes razas en 38 aislamientos de uredosporas enviadas desde Chile. Esto explicaría la gran variabilidad patogénica del polvillo y los frecuentes cambios de comportamiento de los candeales frente al polvillo.

Para solucionar este problema, cada año se realizan varios cientos de cruzamientos con el objeto de obtener líneas cuya resistencia no dependa de un solo gen sino de la acción de varios genes.

Además podría traspasarse fácilmente a trigo candeal el gen Lr 9, ubicado en el genoma B de trigo de pan, que demostró ser efectivo para resistencia a todas las razas chilenas de *P. recondita*, ya que el genoma B también lo lleva el trigo candeal.

Palabras claves: polvillo, roya, *Puccinia recondita*, *Triticum aestivum* L., *T. turgidum* var. *durum*.

LITERATURA CITADA

- BARCELLOS, A.L. 1986. Ferrugem da folha do trigo no Brasil. Populacao patogenica, fontes de resistencia, trigos comerciais, perpetuacao e controle quimico. En: Carlos Molestina (ed.). Royas de cereales de invierno. Montevideo, Uruguay. IICA-PROCISUR. Dialogo XIII. p.: 73-87.
- CORTÁZAR S., R., RAMÍREZA., I., HACKE E., E., MORENO M., O. y RIVEROS B., F. 1989. El polvillo colorado de la hoja (*Puccinia recondita*) en la zona centro norte de Chile, en 1986. Agricultura Técnica (Chile) 49: 41-44.
- HACKE E., E. 1992. Importancia de los polvillos (o royas) del trigo en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 52 (1): 1-10.
- LONG, D.L. and KOLMER, J.A., 1989. A north american system of nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp., *tritici*. Phytopatology 79: 525-529.
- PETERSON, R.F., A.B. CAMPBELL y A.E. HANNAH. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. Can J. Res. Sect. C 26: 496-500.
- RAMÍREZA., I., CORTÁZAR S., R., RIVEROS B., F., MORENO M., O., HACKE E., E. y GRANGER Z., D. 1990. Trigo candeal de primavera Licán INIA, Agricultura Técnica (Chile) 50(4): 406.
- RAMÍREZA., I., CORTÁZAR S., R., RIVEROS B., F., MORENO M., O., HACKE E., E. y GRANGER Z., D. 1990. Trigo candeal Chonta INIA, Agricultura Técnica (Chile) 50(4): 407.
- ROELFS, A.P. 1988. Resistance to leaf and stem rusts in wheat p.: 10-22. In: N.W. Simmonds and S. Rajaram. Breeding strategies for resistance to rusts of wheat. p.: 10-22.
- ROELFS, A.P., SINGH, R.P. y SAARI, E.E. 1992. Las royas del trigo: conceptos y métodos para el manejo de las enfermedades. México D.F. CIMMYT.
- Samborski, D.J. 1985. Wheat leaf rust. In: A.P. Roelfs and W.R. Bushnell (ed.). Cereal rust. Ac. Press, INC. p.: 39-55.
- STAKMAN E., C. and J.G. HARRAR. 1957. Principles of plant pathology. The Ronald Press Co. New York. 581 p.