

IMPORTANCIA DE LOS POLVILLOS (O ROYAS) DEL TRIGO EN CHILE

Importance of wheat rusts in Chile

Ernesto Hacke E.²

SUMMARY

The severity of *P. graminis*, *P. recondita* and *P. striiformis* on several hundreds of advanced lines and cultivars of wheat included in yield trials, were studied during long periods.

In the case of *P. graminis* only moderate to high attacks at Vallenar, La Serena and Ovalle were observed during the last 30 years. In the rest of the country, where the Regional Trials were grown, no evidence of the disease was detected except at Pirque, in 1963 and at Machalí, in 1978, where slight attacks were observed. This situation differ widely with severe epiphytiotics of stem rust observed before 1960.

In relation to *P. recondita* it was demonstrated that this rust has attacked with more o less the same severity bread wheats (*Triticum aestivum* L.) and durum wheats (*T. turgidum* var. *durum*) at the North Central Zone during 1961-1963 and 1986-1989 as well as in 1980 and 1982.

The most severe leaf rust attacks of the country were observed in the South Central Zone. These affected with similar intensity to winter, alternative and spring wheats. On the other hand the attacks of this rust in the Southern Zone are in general late and therefore the damage caused by the rust is smaller.

In relation to *P. striiformis* the severity of the attacks increases from North to South. In the North Central Zone, insignificant attacks have been observed during the last 5 years. Nevertheless this phenomenon could be regarded as transitory based on the results obtained.

The estimation of damage caused by the three rusts in the country reaches to an annual average loss of 6.25% of the total harvest of wheat. That is: *P. striiformis* cause 4%, *P. recondita* 2% and *P. graminis* 0.25% of loss.

The 6.25% loss applied to the harvest in 1988/89 means a loss of 1.177.826 metric quintals that correspond to 20.1 million dollars.

Key words: *Triticum aestivum*, *Puccinia graminis*, *P. recondita*, *P. striiformis*, wheat, rusts, losses of yield.

Los polvillos o royas del trigo, conocidos bajo los nombres de polvillos de la caña: *Puccinia graminis* Pers. f. sp *tritici* Erikss. y Henn., colorado de la hoja: *P. recondita* Rob. ex Desm. f. sp *tritici* Erikss. y Henn., y amarillo o estriado: *P. striiformis* Westend. f. sp *tritici*, han sido históricamente los problemas fitosanitarios de mayor importancia económica en el mundo y en Chile.

En el país, se ha observado grandes fluctuaciones en la severidad de las epifitias. Debido a ésto, las estimaciones de pérdidas ocasionadas por los polvillos se han ido modificando en el transcurso de los años. Así, por ejemplo, Cortázar (1947) estimaba que *P. graminis* causaba una pérdida promedio anual de 15% de la producción triguera de la zona centro-norte, comprendida entre Vallenar y Talca (latitudes 28° 34' S a 35° 30' S) y *P. striiformis* y *P. recondita* 4 y 5% de pérdida en todo el país, respectivamente. Caglevic (1973), consideraba que las tres royas, en conjunto, reducían el rendimiento del trigo en 10%. Hacke (1974), estimaba, sobre la

¹Recepción de originales: 8 de marzo de 1991.

²Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

base de cálculos matemáticos, que *P. graminis* producía una pérdida promedio anual de 0,78% y *P. recondita* y *P. striiformis* un 4,9 y 5,6% de la producción triguera del país, respectivamente.

Debido a las grandes pérdidas que causan los polvillos en el país, se ha estimado de interés averiguar de qué magnitud han sido los ataques de cada uno de los polvillos en las zonas centro-norte, centro-sur y sur, durante los últimos 10 a 30 años, a fin de obtener nuevos elementos de juicio que permitan, conjuntamente con otros, hacer una estimación más actualizada de pérdidas causadas por enfermedades.

Polvillo de la caña: *Puccinia graminis*

Se constata que esta enfermedad no se presenta en forma de epifitias tan severas como las observadas por Cortázar (1947), hace alrededor de 30 años, quien constató pérdidas totales de sementeras en Ovalle y en Nancagua, en 1940. En 1944, observó pérdidas cercanas al 70% en Tahuinco y Talca. En 1951, Cortázar (citado por Stakman y Harrar, 1957) estimó en 40% la pérdida de la cosecha de trigo candeal sembrado en las provincias de Aconcagua y Colchagua. Más al norte de la provincia de Aconcagua, hubo casos de pérdidas totales de la cosecha ese año. Por su parte, el autor de este artículo observó en 1958, un caso de pérdida total en Ovalle.

Desde 1960 a la fecha, sólo en algunos años se ha observado ataques de moderada severidad en la IV Región y en la provincia de Ñuble en siembras tardías (Mellado, 1984), no así en el resto de las sementeras comerciales de trigo del país donde prácticamente no se ha presentado.

Una comprobación de la baja severidad de los ataques de *P. graminis* observados en el país, se presenta en el Cuadro 1, utilizando para ello resultados de Ensayos Regionales de Trigo de Pan (*Triticum aestivum* L.) y Candeal (*T. turgidum* var. *durum*) del INIA; evaluados en el período 1960-1989. La intensidad de los ataques, fue medida en forma numérica a través de los coeficientes promedio de infección (CPI) de *P. graminis* (Hacke, 1982a). Cabe destacar que en estos Ensayos Regionales se han incluido las 25 a 30 mejores líneas avanzadas de trigo del INIA y los cultivares más frecuentemente sembrados en la zona centro-norte, en cada uno de los años. Además, anualmente, dichos ensayos se han sembrado en un promedio de seis localidades. Sin embargo, en el Cuadro 1 -con fines de economía de espacio- se ha estimado de interés mencionar sólo los años y localidades en los cuales

CUADRO 1. Coeficientes promedio de infección (CPI) de *P. graminis*, obtenidos en los ensayos regionales de trigo de pan y candeal, sembrados anualmente en un promedio de 6 localidades de la zona centro-norte desde 1960 hasta 1989

TABLE 1. Average coefficient of infection (ACI) of *P. graminis* obtained in the regional trials of bread wheat and durum wheat sown each year in an average of 6 locations at the north central zone from 1960 to 1989

Año ¹	Localidades ²	Trigo pan	Trigo candeal
1963	La Platina ³	6,4	25,6
	Ovalle	4,2	4,0
	Vallenar	10,8	44,4
1965	Pirque	4,0	2,0
	La Platina	4,4	8,6
	Ovalle	7,5	0,0
1966	Vallenar	28,1	11,2
	La Platina	20,6	18,3
	Ovalle	24,3	23,3
1967	Vallenar	24,6	15,0
	La Platina	12,2	9,3
	La Platina	4,5	0,0
1969	La Platina	20,2	5,8
	La Platina	3,4	2,4
	La Platina	4,2	4,5
1970	Vallenar	3,4	0,0
	La Platina	5,6	0,5
	La Platina	8,8	0,7
1971	Vallenar	16,4	0,0
	La Platina	12,0	0,4
	Vallenar	5,8	0,7
1972	La Platina	33,5	5,1
	Machalí	6,6	1,7
	La Platina	26,0	12,2
1973	La Platina	17,9	23,9
	Vallenar	3,9	13,0
	Ovalle	4,8	6,2
1974	Vallenar	3,4	0,0
	La Platina	3,7	2,4
	La Platina	7,6	18,2
1975	Ovalle	0,2	4,3
	La Platina	0,8	3,7
	La Serena	20,2	21,0
1976	La Platina	3,1	1,1
	Promedio	10,7	8,5

¹Se menciona sólo los años en los cuales se presentó la enfermedad con CPI mayor que 3, ya sea en trigo de pan o candeal.

²Se menciona sólo las localidades en las cuales se presentó la enfermedad con CPI mayor a 3.

³Los Ensayos Regionales sembrados en La Platina estuvieron sometidos a inoculación artificial de *P. graminis*.

los CPI fueron superiores a 3%, ya sea en los trigos de pan o en los trigos candeales.

Respecto a la Estación Experimental La Platina, cabe señalar, que la alta severidad de los ataques del polvillo, que afectó a los Ensayos Regionales, podría ser atribuida, casi exclusivamente, a la inoculación artificial de *P. graminis* a que estuvieron sometidos los ensayos de trigo, por cuanto en las localidades próximas a la Estación Experimental, no se presentó la enfermedad bajo condiciones de desarrollo natural. Hubo, sin embargo, dos excepciones, Pirque, en 1963 y Machaí, en 1978, localidades en las cuales se constató un ataque natural de baja severidad.

Donde se han observado ataques más frecuentes y severos, ha sido en Ovalle y Vallenar. En las demás localidades, excluidas del Cuadro 1 —que fueron la mayoría— la infección del polvillo fue insignificante, o bien, no se presentó.

En el Cuadro 1 se observa, además, que el CPI de la enfermedad del período 1960-1989 fue de 10,7 en los trigos de pan y 8,5 en los candeales, lo cual indica que la especie *Triticum aestivum* L. presentó ataques más severos que la especie *T. turgidum* var. *durum*.

Uno de los principales factores que debe haber influido en la baja severidad de los ataques de *P. graminis*, observados en los últimos 30 años en las sementeras de trigo comerciales y en los Ensayos Regionales del INIA (Cuadro 1), sería el reemplazo gradual de los cultivares de trigos antiguos, por lo general susceptibles y de desarrollo vegetativo más largo, por otros, resistentes o moderadamente resis-

tentes y más precoces, como se puede apreciar en el Cuadro 2.

El período vegetativo más largo de esos cultivares debe haber permitido al patógeno desarrollar un mayor número de generaciones de uredósporas en la misma planta durante la temporada, lo cual explicaría el alto nivel de infección que alcanzaban.

En el transcurso de los años, la casi totalidad de los cultivares sembrados en la zona centro-norte ha sido de constitución genética muy diversa y portadores de numerosos genes de resistencia diferentes. Bajo estas condiciones, las probabilidades para que una nueva raza virulenta aumente a niveles peligrosos, son mínimas, debido a que esa raza sólo sería capaz de atacar a alguna de las variedades en cultivo en ese momento. De todas maneras, cuando un cultivar ha dejado de ser resistente, es reemplazado, al corto tiempo, por otro resistente, tal como se procede con una variedad multilínea, en la cual cada vez que una de sus líneas constituyentes es atacada por una raza virulenta, se la elimina y reemplaza por otra resistente (Hacke, 1984).

Se estima de interés destacar que la disminución en importancia del polvillo de la caña no sólo se ha observado en Chile sino también a nivel mundial, como lo sostiene A. P. Roelfs (USDA, ARS, Cereal Rusts. St. Paul, Minnesota, comunicación personal). En efecto, este destacado especialista en royas, atribuye dicho fenómeno, entre otras explicaciones epidemiológicas, al cultivo extensivo de cultivares de trigos mexicanos creados por CIMMYT, los cuales son portadores de ciertos genes de resistencia que son efectivos frente a un gran número de razas o

CUADRO 2. Período vegetativo y su reacción al polvillo de la caña de los cultivares de trigo antiguos y nuevos

TABLE 2. Days from seeding to heading and the reaction to stem rust of old and new wheat cultivar

Cultivares antiguos	Período vegetativo ¹ (días siembra- espigadura)	Reacción a <i>P. graminis</i>	Cultivares nuevos	Período vegetativo ¹ (días siembra- espigadura)	Reacción a <i>P. graminis</i>
Menflo	145	S ²	Chasqui INIA	135	R ³
Libun EC	146	S	Sauce INIA	136	R
Libun EB	149	S	Maitén INIA	134	MR ⁴
Maipofén	148	S	Trisa INIA	133	R
Raco	145	S	Sonka INIA	131	MR
Chifén	147	S	Millaleu INIA	138	R
Promedio	146			134	

¹Fecha de siembra: 2 de junio de 1983. ²S = Susceptible. ³R = Resistente. ⁴MR = Moderadamente resistente.

biotipos del polvillo. Entre los genes más valiosos, y profusamente usados, se pueden mencionar: Sr 2, Sr 26, Sr 31 y Sr 36 (Roelfs, 1988).

En Chile, la mayoría de los cultivares de trigo comerciales, cultivados en la zona centro-norte, derivan directa o directamente de líneas mexicanas del CIMMYT que llevan uno o más de uno de esos genes de resistencia.

Entre los cultivares de mayor éxito en nuestro país, por su alto potencial de rendimiento y resistencia a *P. graminis*, se pueden citar a Millaleu INIA y Nobo INIA, los cuales llevan los genes Sr 2, Sr 31 y otros genes de resistencia que los protegen de un amplio espectro de razas fisiológicas del patógeno.

En cuanto a las pérdidas que actualmente ocasiona el polvillo de la caña en el país, se estima que no serían superiores al 0,25% de la producción total de trigo nacional, debido a que hace alrededor de 30 años que esta enfermedad no se presenta en forma de epifitias de importancia.

Polvillo colorado de la hoja: *Puccinia recondita tritici*

Esta enfermedad se presenta en todas las áreas del país donde se siembra trigo. Sin embargo, su principal zona de adaptación se extiende desde Copiapó hasta Temuco (latitudes 27° 38' S a 38° 44' S) y donde corrientemente encuentra sus mejores condiciones, es en las provincias de Ñuble y Biobío.

Los daños que causa esta enfermedad dependen de la severidad del ataque y del estado fenológico del trigo cuando ocurre la infección. Así, por ejemplo, cuando se presenta un ataque severo durante el macollaje y comienzos del encañado, el polvillo disminuye el número de espiguillas por espiga y de espigas por planta. Si el ataque es severo antes del estado de bota, puede producir aborto de flores y, en consecuencia, disminución del número de granos por espiguilla; y, si el ataque se presenta después de la espigadura, el daño se traduce en una disminución del peso y tamaño de los granos (A.P. Roelfs, Universidad de Minnesota, comunicación personal).

En Chile, los ataques de *P. recondita* ocurren generalmente un poco antes, durante o después de la espigadura. Sólo en casos excepcionales de trigos tardíos o semitardíos, sembrados en septiembre u octubre en el área de Chillán, han mostrado ataques durante el macollaje y comienzos

del encañado (Mario Mellado, INIA, comunicación personal).

En atención a que esta enfermedad no causa chupadura del grano, como la que ocasionan el polvillo amarillo o estriado (*P. striiformis*) y el polvillo de la caña (*P. graminis*), frecuentemente los daños debido a *P. recondita*, pasan inadvertidos.

A consecuencia de esto, las publicaciones acerca de los perjuicios causados por el polvillo de la hoja, son escasas. Dentro de ellas, puede citarse a Cortázar (1947), quien señala que, en 1945 y 1946, el polvillo de la hoja redujo el rendimiento del trigo en 30% en ciertas zonas. González (1966) da cuenta de un aumento gradual de la intensidad del ataque de *P. recondita* a partir de 1955 y demuestra, experimentalmente, en 1964-1966, pérdidas promedio de 31,5 y 39,5% en los cultivares más sembrados en esos años, Orofén y Orofén 60, respectivamente.

Hacke (1987) y Cortázar y otros (1989), coinciden en calcular un 10% la pérdida de rendimiento y una reducción del peso del hectolitro cercana al 1% en 220 variedades de trigo candeal incluidas en ensayos de rendimiento realizados en la Estación Experimental La Platina del INIA, en la temporada 1986/87. Estos mismos autores señalan que la pérdida no fue mayor, debido a que la enfermedad en 1986, se presentó más tarde, es decir, después de la espigadura.

Con el fin de averiguar cuál ha sido el comportamiento del trigo de pan y candeal frente a *P. recondita* en los últimos 29 años (1961-1989), se revisaron las notas de polvillo (registrados en los archivos del Proyecto Trigo del INIA) de las líneas avanzadas de trigo incluidas en los ensayos de rendimiento de la Estación Experimental La Platina del período 1961-1989. En cada uno de los años, se estudió un promedio de 840 líneas de trigo de pan y 400 candeales. Las notas del polvillo, basadas en la escala modificada de Cobb, se transformaron a CPI de acuerdo a Hacke (1982a) (Cuadro 3).

De dicho cuadro se desprende que los trigos de pan y candeal sufrieron ataques de intensidad similar, por cuanto el CPI, de los 29 años, fue 4,1 y 4,2, respectivamente.

El hecho de que los trigos candeales hayan presentado ataques de *P. recondita* de severidad semejante a los trigos de pan en Chile, constituye un hecho sorprendente en el ámbito internacional, debido a que mundialmente se considera la especie *T. aestivum* mucho más susceptible a *P. recondita* que la especie *T. turgidum*.

CUADRO 3. Coeficientes promedio de infección (CPI) de *Puccinia recondita*, obtenidos en los ensayos de rendimiento de trigo de pan (*Triticum aestivum* L.) y candeal (*T. turgidum*), realizados en la Estación Experimental La Platina - INIA, desde 1961 hasta 1989, inclusive

TABLE 3. Average coefficient of infection (ACI) of *P. recondita* obtained on yield trials of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*T. turgidum* var. *durum*), growth at La Platina Experiments Station - INIA, from 1961 to 1989 included

Años	<i>P. recondita</i>		Años	<i>P. recondita</i>	
	Trigo de pan	Trigo candeal		Trigo de pan	Trigo candeal
1961	20,7	21,7	1976	0,0	0,0
1962	16,4	24,1	1977	0,0	0,0
1963	6,9	7,3	1978	0,0	0,0
1964	0,0	0,0	1979	1,7	3,9
1965	1,7	2,4	1980	17,3	5,9
1966	3,5	1,3	1981	0,0	4,0
1967	0,0	0,0	1982	10,6	1,2
1968	0,0	0,0	1983	2,5	1,1
1969	1,2	0,0	1984	4,0	0,1
1970	0,7	0,1	1985	2,0	0,0
1971	0,0	0,0	1986	6,5	22,7
1972	0,0	0,0	1987	15,3	16,4
1973	0,0	0,0	1988	3,0	4,9
1974	0,0	0,0	1989	5,2	9,3
1975	0,0	0,0			
Promedio				4,1	4,2

Los CPI se obtuvieron de un promedio anual de 850 trigo de pan y 400 candeales.

En los años 1961, 1962 y 1963 los ataques de *P. recondita* se hicieron más intensos que en los restantes, en ambas especies de trigo. Por la similitud de la severidad de la infección obtenida en las dos especies de trigo, se podría presumir que ambas especies fueron atacadas por las mismas razas o biotipos.

A partir de 1963, se registraron 16 años de ataques, con un CPI inferior a 4. Luego, desde 1980 en adelante, sobrevinieron 6 años de ataques de intensidad variable que alcanzaron un CPI de 6 y 2 en los trigos de pan y candeal, respectivamente.

En 1986, se presentó un fuerte ataque en los candeales, con un CPI de 22 y uno, significativamente menor, en los trigos de pan de 6,46.

Desde ese año hasta 1989, los ataques fueron importantes, tanto en los trigos de pan como en los candeales, como se aprecia en el Cuadro 3.

Respecto a la severidad de la epifitía de *P. recondita* que se presentó en la zona centro-norte, en 1986, Cortázar y otros (1989) informan de severos ataques, que afectaron más a los candeales, incluidos en los Ensayos Regionales del INIA, sembrados en Vallenar, La Serena y Ovalle, que a los trigos de pan, con excepción de Vallenar donde sólo se afectaron los trigos de pan.

Con el fin de determinar las razas de *P. recondita* existentes en Chile, se han estado enviando muestras de uredósporas, colectadas en cultivares susceptibles de trigo, a la Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuaria (EMBRAPA) (Passo Fundo, Brasil), en virtud de un acuerdo cooperativo de investigación existente entre los países del cono sur.

En el período 1986-1989, se determinaron tres nuevas razas la B12, B28 y B25, las cuales no habrían sido identificadas en años anteriores. La primera de ellas se identificó en muestras del polvillo, colectadas en *T. turgidum* var. *durum*, no así las razas B28 y B25 que se determinaron sobre material colectado en *T. aestivum* (Barcellos, 1986).

Con el propósito de investigar cuál ha sido la situación del polvillo colorado de la hoja en los últimos 10 años (1980-1989), en las provincias de Ñuble y Biobío, se revisaron los archivos del Proyecto Trigo del INIA en lo relativo al comportamiento del trigo frente a dicha enfermedad. En cada uno de los años se consideró un promedio de 220 trigos invernales y alternativos y 353 primaverales, incluidos en los ensayos de rendimiento cooperativo y regionales realizados en la zona centro-sur.

De acuerdo a la severidad de los ataques de *P. recondita* (expresada como CPI) (Cuadro 4) en los 10 años hubo cinco (1981, 1982, 1986, 1987 y 1989), en los cuales los ataques del polvillo fueron severos; 1980 y 1985, moderadamente severos, 1988, de baja severidad y 1983 y 1984, con un CPI inferior a 1.

En la zona sur (latitud 37° 42' S a 41° 28' S), a diferencia de la zona centro-sur (latitudes 35° 30' S a 37° 42' S), *P. recondita* se presenta, en general, tarde en la temporada, atacando, principalmente, siembras tardías de trigo efectuadas en octubre. Como la enfermedad se presenta cuando el trigo ya tiene su grano formado, no produce grandes daños.

Aun cuando *P. recondita* no reduce ostensiblemente el rendimiento del trigo en la zona sur, Cristian Hewstone (INIA, comunicación personal) estima que esta enfermedad es importante en dicha zona. Los

CUADRO 4. Infección de *Puccinia recondita* en ensayos de rendimiento, Ensayos Cooperativos y Regionales de trigo de pan estudiados en el área de Chillán desde 1980 hasta 1989, inclusive

TABLE 4. Infection of *Puccinia recondita* in yield, Cooperative and Regional Trials studied at the area of Chillán from 1980 to 1989

Año	<i>Puccinia recondita</i>	
	Trigos Invernales y alternativos	Trigos primaverales
1989	22,1	8,9
1981	20,9	43,1
1982	34,5	18,4
1983	0,0	0,0
1984	0,0	0,0
1985	11,2	10,8
1986	26,4	30,4
1987	19,9	32,6
1988	2,6	5,3
1989	24,1	36,7
Promedio	16,2	18,6

Los CPI se obtuvieron de un promedio anual de 220 trigos Invernales y alternativos y 353 primaverales.

agricultores, señala, se impresionan muy negativamente de los cultivos que han sido atacados por el polvillo y como consecuencia de éste se resisten a sembrar cultivares susceptibles. Además, siempre existe el peligro latente de que la enfermedad se presente más temprano en la temporada y cause daño económico. Debido a esto, uno de los objetivos del Sub-Proyecto Mejoramiento de Trigo para la Zona Sur del INIA, es la creación de cultivares mejorados, resistentes al polvillo de la hoja.

Sobre la base de la severidad de los ataques observados en los últimos 10 a 30 años —que se dan a conocer en el presente trabajo— y tomando además en cuenta los resultados de ensayos de control químico realizados en la zona centro-norte y centro-sur del país, conjuntamente con la opinión de destacados fitopatólogos y fitomejoradores del INIA, las pérdidas anuales debidas a *P. recondita* se estiman actualmente en 2%, como promedio de la producción triguera nacional.

Polvillo amarillo o estriado: *Puccinia striiformis* Westend.

De los tres polvillos aludidos, el polvillo estriado es el que causa mayor daño económico en Chile, encontrándose en sementeras de trigo de todo el país.

En la zona centro-norte, este polvillo, si bien no se presenta con tanta frecuencia como ocurre en la zona centro-sur, no por ello deja de tener importancia (Hacke, 1982a y b; Parodi, 1966). En orden cronológico, se menciona que esta zona sufrió un fuerte ataque en 1930 y 1931 (Anónimo, 1933). Más adelante, Elgueta (1935), Opazo (1939), Elgueta (1942) y Cortázar (1947) señalan algunas severas espifitias ocurridas en las décadas del 30 y 40. Se pueden citar varios cultivares de trigo resistentes al momento de su creación, que a los pocos años de haber sido distribuidos, fueron atacados por la enfermedad, razón por la cual han dejado de ser cultivados.

Debido a la importancia que reviste esta enfermedad en la zona centro-norte, el Proyecto Trigo del INIA está empeñado en producir cultivares resistentes a polvillo estriado.

Con el objeto de investigar cuál ha sido la severidad de los ataques de *P. striiformis* en los trigos de pan y candeales en el período 1960-1989, se revisaron en los archivos del Proyecto Trigo del INIA las notas del polvillo de un promedio anual de 700 líneas avanzadas de trigo de pan y 300 candeales que estuvieron incluidas en ensayos de rendimiento en la Estación Experimental La Platina.

De acuerdo con el Cuadro 5, el CPI de infección de los 29 años estudiados, fue de 3,0 y 2,9, para los trigos de pan y candeales, respectivamente, lo cual indica que las dos especies de trigo se afectaron con similar severidad.

Resulta de interés, destacar que *P. striiformis* desde 1986 hasta la fecha, ha dejado de presentarse en la Estación Experimental La Platina. Este fenómeno, sin embargo, no constituye un hecho muy novedoso, como tampoco podría esperarse que sea permanente, por cuanto si se revisa la intensidad de la infección de los años precedentes, se comprueba que, en ocho años, en los trigos de pan y en catorce, en los candeales, el CPI fue cercano a 1. Sobre la base de estos antecedentes, se espera que en el futuro esta situación podría cambiar si el patógeno encuentra nuevamente condiciones favorables para el desarrollo.

En cuanto a la zona centro-sur y sur, el polvillo estriado encuentra las mejores condiciones ambientales para su desarrollo, cuales son: clima húmedo y frío, con alta pluviometría (1.000 a 2.000 mm) y temperatura promedio que oscila entre 12 y 15°C.

CUADRO 5. Coeficientes promedio de infección (CPI) de *Puccinia striiformis* obtenidos en los ensayos de rendimiento de trigo de pan (*Triticum aestivum* L.) y candeal (*T. turgidum*), realizados en la Estación Experimental La Platina, INIA, desde 1961 hasta 1989

TABLE 5. Average coefficient of infection (ACI) of *Puccinia striiformis* obtained in yield trials of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*T. turgidum* var. *durum*), performed at La Platina Experiment Station, INIA; from 1971 to 1989

Año	<i>Puccinia striiformis</i>	
	Trigos de pan	Trigos candeales
1961	10,3	15,8
1962	3,6	12,2
1963	4,8	14,7
1964	0,0	0,0
1965	11,3	12,5
1966	2,3	6,2
1967	3,1	0,1
1968	2,1	2,6
1969	5,9	5,2
1970	2,3	1,8
1971	1,6	0,1
1972	6,0	0,1
1973	0,3	0,0
1974	1,3	0,0
1975	5,4	0,2
1976	0,1	1,2
1977	1,5	0,0
1978	3,6	0,2
1979	4,3	8,3
1980	1,1	0,1
1981	0,1	0,0
1982	5,5	0,2
1983	1,0	0,0
1984	1,4	0,7
1985	8,4	1,2
1986-1989	0,0	0,0
Promedio	3,0	2,9

Los CPI se obtuvieron de un promedio anual de 700 líneas avanzadas de trigo de pan y 300 candeales.

En esas zonas, de clima tan favorables para el polvillo, este puede mantenerse sin dificultad de una temporada a otra en plantas de trigo o en pastos naturales al estado uredospórico o en forma de micelio, de manera que, tan pronto se presentan las condiciones adecuadas, se desarrollan nuevamente los uredosoros, los cuales constituirán los nuevos focos de diseminación de la enfermedad.

Un aspecto importante a considerar, es el continuo cambio de razas fisiológicas que se observa en la zona centro-sur y sur del país (Hacke, 1982b, 1983). Estas afectan a los cultivares comerciales a los pocos años de haberse distribuido y algunas veces

a líneas avanzadas de alto potencial de rendimiento que se encuentran en la fase de pre-multiplicación.

Sobre el daño económico causado por esta enfermedad, Gilchrist (1977), determinó pérdidas de rendimiento de 60% en parcelas de trigo no tratadas con fungicidas. En estudios efectuados desde 1976, Andrade (1990), informa que en 6 de 12 temporadas de ensayos de control químico de *P. striiformis*, se han determinado pérdidas del 30% en promedio.

Con el objeto de evaluar la severidad de los ataques de *P. striiformis* que han afectado a los trigos de pan en los últimos 10 años en la zona centro-sur y sur del país, se aprovechó la información existente en los archivos del Proyecto Trigo del INIA, en los cuales se revisó en cada uno de los años, el comportamiento al polvillo estriado, de un promedio de 264 cultivares invernales y alternativos y 490 primaverales, que estuvieron incluidos en ensayos de rendimiento realizados en la Estación Experimental Quilamapu (INIA) de Chillán y en los ensayos cooperativos y regionales sembrados en las provincias de Ñuble y Biobío.

Además, se estudió el comportamiento de un promedio anual de 256 trigos de invierno y alternativos y de 464 trigos de primavera, que estuvieron incluidos en ensayos de rendimiento realizados en la Estación Experimental Carillanca (INIA) de Temuco y de ensayos cooperativos y regionales sembrados en el área de influencia de dicha Estación.

Los resultados obtenidos en el área de Chillán y en la de Temuco, se presentan en los cuadros 6 y 7, respectivamente.

En estos cuadros, las notas del polvillo, tomadas en el campo de acuerdo con la escala de Cobb modificada, se transformaron a CPI.

Un análisis de los cuadros 6 y 7, permite apreciar que los trigos de primavera fueron, en promedio, mucho más severamente afectados que los trigos invernales y alternativos en el área de Chillán; en cambio, tal diferencia no fue tan acentuada en el área de Temuco, donde en los trigos primaverales se obtuvo un CPI de 19,7 y en los invernales y alternativos, 15,5.

Si, por otra parte, se compara la severidad del ataque de la enfermedad del área de Chillán con la de Temuco, se advierte que en esta última los ataques han sido más intensos que en Chillán.

Al compararse la severidad de los ataques del polvillo en los diferentes años, se comprueba que

CUADRO 6. Infección de *Puccinia striiformis* en Ensayos de Rendimiento de trigo estudiados en la Estación Experimental Quilamapu y en Ensayos Cooperativos y Regionales desde 1980 hasta 1989, inclusive

TABLE 6. Infection of *Puccinia striiformis* in bread wheats included in yield trials at Quilamapu Experiment Station and Cooperative and Regional Trials from 1980 to 1989

Año	<i>Puccinia striiformis</i>	
	Trigos Invernales y alternativos	Trigos primaverales
1980	8,7	9,8
1981	22,1	26,3
1982	11,6	40,0
1983	2,9	6,3
1984	2,5	15,9
1985	8,2	30,3
1986	12,2	6,6
1987	6,1	4,2
1988	16,3	23,3
1989	8,1	2,6
Promedio	9,9	18,4

Los CPI se obtuvieron de un promedio anual de 264 trigos invernales y alternativos y de 490 primaverales.

en Chillán hubo grandes fluctuaciones, tanto en los trigos tardíos como en los primaverales, en cambio, en Temuco se observó mayor uniformidad en los dos casos.

Respecto a las pérdidas causadas por *P. striiformis*, se estima que actualmente alcanzan al 4%, en promedio, de la producción de trigo nacional. Para obtener dicho porcentaje se ha tomado en consideración la severidad de la infección observada en las zonas centro-norte, centro-sur y sur del país, a la vez, que se han tomado en cuenta los ensayos de control del polvillo estriado realizados en la Estación Experimental Carillanca de Temuco y la opinión de especialistas en esta enfermedad.

CONCLUSIONES

La importancia económica de *P. graminis tritici* ha ido decreciendo en los últimos 30 años. Los ataques de la enfermedad sólo se han presentado en ciertas localidades de la zona norte del país y, excepcionalmente, en dos localidades de la zona centro-norte en 1963 y 1978, respectivamente.

De los resultados obtenidos, se desprende que habría pocas probabilidades que *P. graminis* sp

CUADRO 7. Infección de *Puccinia striiformis* en ensayos de rendimiento de trigos estudiados en la Estación Experimental Carillanca (Temuco) y en Ensayos Cooperativos y Regionales desde 1980 hasta 1989, inclusive

TABLE 7. Infection of *Puccinia striiformis* on yield trials of wheat studied at Carillanca Experiment Station (Temuco) and on Cooperative and Regional Trials from 1980 to 1989

Año	<i>Puccinia striiformis</i>	
	Trigos Invernales y alternativos	Trigos primaverales
1980	24,5	14,3
1981	19,4	25,3
1982	38,1	23,2
1983	4,0	17,1
1984	10,0	16,7
1985	13,9	22,6
1986	17,6	19,5
1987	2,7	14,6
1988	18,9	22,4
1989	6,4	21,7
Promedio	15,5	19,7

Los CPI se obtuvieron de un promedio anual de 256 trigos tardíos y 464 primaverales.

tritici pueda causar daño económico en el futuro, si se mantiene la actual política de continuar sembrando cultivares precoces, genéticamente diversos y portadores de numerosos genes de resistencia diferentes.

Se comprobó que *P. recondita* es una enfermedad importante en la zona centro-norte, tanto para el trigo de pan (*Triticum aestivum* L.) como para el trigo candeal (*T. turgidum* var. *durum*).

En los últimos 29 años se observó dos períodos (1961 a 1963 y 1986 a 1989), en los cuales las epifitias causadas por *P. recondita*, han sido severas. Sin embargo, entre ambos, se observó 16 años seguidos de ataque insignificante, a los cuales le sucedieron algunos años de cierta importancia. Respecto a los ataques observados en el período 1986-1989, pudo comprobarse que tres nuevas razas serían las responsables de esos ataques que afectaron con mayor severidad a los trigos candeales que a los de pan.

En la zona centro-sur, se presentaron los ataques de *P. recondita* más severos del país, afectando con intensidad similar a los trigos invernales, alternativos y primaverales. En la zona sur, en

cambio, los ataques del polvillo colorado de la hoja son tardíos, razón por la cual los daños son mucho menores. En cuanto a *P. striiformis*, su importancia aumenta de norte a sur del país.

En la zona centro-norte, la infección promedio en la mayoría de los años ha sido, en general, moderadamente baja, con algunas escasas excepciones en el período 1961-1989. Sin embargo, esta enfermedad se la considera potencialmente peligrosa en esta zona, debido a que, bajo condiciones favorables, ha atacado, sorpresivamente, a algunos cultivos extensivamente sembrados, los cuales, debido a los altos niveles de infección que han presentado, han tenido que ser eliminados del cultivo comercial. En cuanto a los ataques de severidad inferior al 1% que se han observado desde 1986 hasta 1989, cabe señalar que esta situación se la puede considerar transitoria, por cuanto al analizar la infección de los años anteriores a 1986, se advierte que ha habido varios años similares a estos últimos. Por esta razón, es muy probable que, si se dan las condiciones favorables al desarrollo del patógeno, nuevamente pueden presentarse ataques de importancia.

En la zona centro-sur y sur, *P. striiformis* se presenta, en general, todos los años, con ataques más severos en esta última zona que en la primera.

El promedio de infección en estas mismas dos zonas, y de acuerdo con 10 años de observación, fue más alto en los trigos primaverales que en los alternativos, aunque hubo excepciones.

Se estima que *P. graminis* causa una pérdida anual promedio de 0,25%, *P. recondita*, un 2% y *P. striiformis* un 4%.

El 6,25% de pérdida, aplicado a la cosecha de la temporada 1988/89, significa una pérdida de 1.177.826 qqm, equivalente a 20,1 millones de dólares (\$ 5.133 por qqm, fijado por la Compañía Compradora de Trigo Sociedad Anónima (CO-TRISA), para junio de 1990).

Las pérdidas ocasionadas por los tres polvillos, no han sido mayores, debido a que, cada vez que un cultivar de trigo resistente al momento de su creación, ha sido eliminado del cultivo comercial por haber sido atacado por razas virulentas, el Proyecto Mejoramiento de Trigo del INIA lo ha podido reemplazar, en un breve plazo, por un cultivar resistente. Este oportuno reemplazo de cultivares ha sido posible gracias a que el INIA maneja un enorme número de líneas avanzadas con diferentes fuentes de resistencia.

RESUMEN

Se revisó la intensidad de los ataques de *Puccinia graminis*, *P. recondita* y *P. striiformis*, en Chile, en varios centenares de líneas avanzadas y cultivares de trigo incluidos en ensayos de rendimiento durante largos períodos.

En el caso de *P. graminis* se comprobó que en los últimos 30 años, sólo se han observado ataques de moderada a alta severidad, en las localidades de Vallenar, La Serena y Ovalle. En el resto del país, donde se han sembrado ensayos regionales, no se ha presentado la enfermedad, con excepción de Pirque, en 1973 y Machalí, en 1978, que registró ataques de baja severidad. Esta situación difiere, sustancialmente, con las severas epifitias del polvillo de la caña observadas antes de 1960.

En cuanto a *P. recondita* se ha comprobado que en la zona centro-norte, los trigos de pan (*Triticum aestivum* L.) y los trigos candeales (*T. turgidum* var.

durum) han sido atacados con similar intensidad, y los ataques más severos se han observado en los períodos 1961-1963 y 1986-1989. En la zona centro-sur, se han presentado los ataques más severos del país, los cuales han afectado tanto a los trigos invernales, como a los alternativos y primaverales. En la zona sur, en cambio, los ataques son generalmente tardíos y, por lo tanto, los daños causados, son mucho menores.

Respecto a *P. striiformis*, cabe señalar, que la severidad de los ataques aumenta de norte a sur del país.

En cuanto a la situación de este polvillo en la zona centro-norte, es de interés destacar que en los últimos 5 años los ataques han sido insignificantes. Sin embargo, sobre la base de los antecedentes reunidos, este fenómeno podría considerarse sólo transitorio.

La estimación de daños causados por los tres polvillos, en conjunto, alcanza a 6,25% de pérdida anual, promedio, de la cosecha total de trigo del país, correspondiéndole a *P. striiformis* un 4%, a *P. recondita* un 2% y a *P. graminis* un 0,25% de pérdida.

El 6,25% de pérdida aplicado a la cosecha de 1988/89 significa una pérdida de 1.177.826 qqm, equivalente a 20,1 millones de dólares.

Palabras claves: *Triticum aestivum*, *Puccinia graminis*, *P. recondita*, *P. striiformis*, polvillos, royas, pérdidas de rendimiento.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE V., ORLANDO. 1990. Polvillo estriado o roya amarilla *Puccinia striiformis* West. del trigo en la zona sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Est. Exp. Carillanca (Temuco), Boletín Técnico Nº 164. 28 p.
- ANONIMO. 1933. El polvillo anaranjado ha hecho su aparición en los trigales. Revista El Campesino 65: 457.
- BARCELLOS AMARILIS, L. 1986. Ferrugen da folha do trigo no Brasil. População, patogênica fontes de resistencia, trigos comerciais, perpetuacao e controle químico. En: Diálogo XIII, Reunión Técnica de Royas. PROCISUR, Passo Fundo, R.S. Brasil. Mayo 1990. p.: 73-87.
- CAGLEVIC D., MILAN. 1973. Royas o polvillos que afectan al trigo. Diario El Mercurio. Santiago, Chile, 25 Diciembre.
- CORTAZAR S., RENE. 1947. Enfermedades del trigo. Simiente 17:92-97.
- CORTAZAR S., RENE, RAMIREZ A., IGNACIO, HACKE E., ERNESTO, MORENO M., OSCAR y RIVEROS B., FERNANDO. 1989. El polvillo colorado de la hoja (*Puccinia recondita*) en la zona centro-norte de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 49: 36-40.
- ELGUETA G., MANUEL. 1935. Algunas observaciones sobre ataque de los polvillos en los trigos. El Campesino 67: 454-457.
- ELGUETA G., MANUEL. 1942. Los polvillos de los trigos. El Campesino 74: 743-744.
- GILCHRIST S., LUCY. 1977. Evaluación de los daños provocados por *P. striiformis* West. en cultivares comerciales invernales de trigo en la zona sur de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 39: 133-138.
- GONZALEZ B., RODOLFO. 1966. Efecto del ataque del polvillo de la hoja (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm.) en el rendimiento de variedades de trigo. Agricultura Técnica (Chile) 26: 16-21.
- HACKE E., ERNESTO. 1974. Estimación de pérdidas debidas a los polvillos (o royas) del trigo en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 34: 181-185.
- HACKE E., ERNESTO. 1982a. Análisis del comportamiento de variedades de trigo frente a los polvillos. La Platina, 1960-1979. Agricultura Técnica (Chile) 42: 115-120.
- HACKE E., ERNESTO. 1982b. Importancia del polvillo amarillo o estriado del trigo y sus razas fisiológicas en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 42: 239-244.
- HACKE E., ERNESTO y RAMIREZ A., IGNACIO. 1983. Epifitias del polvillo o roya amarilla del trigo y la cebada observada en Chile en la temporada 1981. Agricultura Técnica (Chile) 43: 273-277.
- HACKE E., ERNESTO. 1984. Los polvillos o royas del trigo: un desafío para la ciencia, frente al aumento de la población mundial. Agricultura Técnica (Chile) 44: 269-273.
- HACKE E., ERNESTO. 1987. El polvillo colorado de la hoja del trigo. Investigación y Progreso Agropecuario, IPA, La Platina 41: 33-34.
- MELLADO Z., MARIO. 1984. Programa Mejoramiento de Trigo 1984/85. En: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu, Area Producción Vegetal, Programa Trigo. Informe Técnico 1984/85, Chillán, Chile. p.: 474-649.*
- OPAZO G., ROBERTO. 1939. Agricultura. Tomo II. Talleres Gráficos La Nación, Santiago, Chile. p.: 413-416.
- PARODI, P., PATRICIO. 1966. Incidencia de *Puccinia striiformis* West., polvillo estriado del trigo, en la zona central de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 26: 122-124.
- ROELFS, A. P. 1988. Resistance to leaf and stem rusts in wheat. In: CIMMYT. Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat. México, D. F. CIMMYT. p.: 10-22.
- STAKMAN, E. C. and HARRAR, J. G. 1957. Principles of Plant Pathology. Ronald Press. Co. N. York. 581 p.

*La información contenida en estos documentos es accesible sólo a través de sus respectivos autores o de autoridades del INIA.