

PERDIDAS DE RENDIMIENTO EN TRIGO CAUSADAS POR LA
INFECCION NATURAL DEL VEAC, EN ENSAYOS REALIZADOS
DESDE 1976 A 1985. SANTIAGO¹

Yield losses in wheat caused by the natural infection of BYDV, in trials
maintained during 10 seasons, from 1976 to 1985. Santiago, Chile

Guido Herrera M.² y Carlos Quiroz E.²

SUMMARY

A set of 10 wheat cultivars was maintained on trials during 10 growing seasons. The cultivars were subjected to two treatments: with and without insecticide. This way, the natural incidence of the barley yellow dwarf virus (BYDV), from 1976 to 1985, was studied. At the same time, some population indexes of the aphid vectors under field conditions were studied.

The experiments indicated an average loss of 10.1% in yield for the 10 years period. In four (1976, 1977, 1978, and 1982) of the 10 years, these losses were statistically significant.

Also, a change in the relative abundance of the vector species was detected. At the beginning of the period, *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum* were the most abundant vectors; on the other hand, *Ropalosiphum padi* increased from 2.0% in 1976, to 80.3% in 1981. The effects of these changes are discussed.

INTRODUCCION

El virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC) ha sido considerado como una de las enfermedades prevalentes en la zona centro-norte de Chile (Herrera, 1981). Así es como Cortázar (1982) considera al VEAC en tercera prioridad entre las características que debe tener una buena variedad en la zona central de riego.

Esta enfermedad, determinada en EUA en 1951 (Oswald y Houston, 1951) e identificada en Chile en 1972 (Tollenaar y Hepp, 1972), ha estado presente en los cereales cultivados entre Vallenar y Valdivia (Herrera y Quiroz, 1983a). Su incidencia depende, en gran medida, de la actividad de sus vectores.

Para las condiciones de nuestro país, se ha determinado que todas las especies de áfidos presentes en los cultivos de cereales son capaces de transmitirlo (Caglevic y Urbina, 1976; Herrera y Quiroz, 1983a; Tollenaar y Hepp, 1972) y a lo menos dos razas han sido identificadas por serología, PAV y MAV (Herrera y Quiroz, 1983a). Una de ellas, la PAV, transmitida en forma no específica por las especies *Ropalosiphum padi* y *Sitobion avenae*, es similar en sus características a aquellas que ocurren en Norte América y Europa (Herrera, 1984).

A través de trampas para captura de alados, se ha determinado que los vectores tienen dos períodos migratorios, otoño y primavera (Herrera y Quiroz, 1983a). Las migraciones de primavera serían las que dispersarían el virus a los cultivos sembrados a partir de mayo. Después de pasar el período estival en las veranadas de la zona precordillerana (Quiroz, Zúñiga y Ramírez, 1987), en malezas y cultivos sembrados temprano, como avenas para forraje o maíz, infestarían los cultivos de cereales a partir de julio-agosto (Herrera, 1982).

¹ Recepción de originales: 18 de junio de 1986.

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

Estudios poblacionales entre 1976 y 1980, indicaron variación entre las especies, tanto en abundancia como en épocas de aparición sobre el cultivo (Herrera y Quiroz, 1983a; Quiroz, 1980). Tal variación implica, de acuerdo a Johnstone y Guy (1987), cambios en la prevalencia de razas causados por una mayor oportunidad de dispersión de aquellas transmitidas por la especie que se presenta más temprano en el cultivo.

En Chile, existen diversos antecedentes sobre el daño que causan los áfidos en cereales (Carrillo, Mellado y Pino, 1974; Caballero, 1972; Castillo y Acevedo, 1976). Aunque las evaluaciones de pérdidas causadas por el virus a nivel regional o nacional son sólo estimativas, Van den Bosch (1976) indicó que para la temporada 1975, se perdieron en el país entre 15 y 20 millones de dólares. Otras estimaciones, sugieren que el virus no tuvo efecto en trigo antes de 1973 (Cortázar, 1980) y que su mayor incidencia ha ocurrido en 1975 (Cortázar, 1984).

Considerando las altas poblaciones de áfidos presentes en condiciones de campo a fines de la década de los 70 (Quiroz, 1980), muchos de los trabajos realizados en relación a la enfermedad no pudieron distinguir entre el daño del virus y el causado por la alimentación directa del áfido en la planta. Sin embargo, Herrera y Quiroz (1980), utilizando jaulas protectoras de insectos, determinaron que el virus, independiente del vector en una variedad susceptible, causó daños en rendimiento del 30%. Por otro lado, Cortázar (1984), utilizando la disminución en el peso del hectolitro como variable para estimar pérdidas de rendimiento, menciona que en la Est. Exp. La Platina (INIA, Santiago), el virus causó pérdidas de rendimiento de 20% en 1975, 15% en 1976, 12% en 1977 y 7% en 1978. En 1982, 1983 y 1984, no habría habido efecto (Cortázar, Ramírez, Moreno, Hacke y Riveros, 1987).

No obstante lo anterior, el virus no sólo afecta al peso del grano (peso hectolitro), sino también al número de granos o número de espigas fértiles (Cortázar, 1984). En muchos casos, se ha comprobado que el componente de rendimiento afectado tendrá relación con: el estado de desarrollo del cultivo durante la inoculación (Herrera y Quiroz, 1983a), la raza de virus que se está inoculando (Jones y Catherall, 1970), o la variedad (Qualset y otros, 1987). En consecuencia, las mediciones de pérdidas causadas por la enfermedad serán más aproximadas, cuanto más controladas se tengan las variables que intervienen en el proceso de infección.

Por otra parte, debido a la gran variación anual de la enfermedad causada por la dependencia de las condiciones ambientales que tienen sus vectores (Quiroz, 1980), las evaluaciones de daño durante largo tiempo muestran el efecto de las diversas condiciones climáticas sobre los rendimientos.

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar las pérdidas de rendimiento causadas por la infección natural del VEAC, en 10 cultivares de trigo y en 10 temporadas de estudio.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos fueron sembrados cada temporada, durante 10 años, en la Estación Experimental La Platina (INIA, Santiago). En las dos primeras temporadas, se usaron cuatro variedades y en las ocho siguientes, se mantuvo un mismo grupo de 10 cultivares. Tolbay, Anza y Aurifén se incluyeron por sus características de tolerantes y Mexifén, Toquifén y Quilafén, por ser susceptibles. Del grupo restante, no se tenía información acerca de su comportamiento. Los ensayos comprendieron dos tratamientos; uno de protección permanente con insecticida (demeton-s-metil al 20%), a fin de controlar los vectores disminuyendo la posibilidad de transmisión, y el otro tratamiento sin protección de insecticida, para medir el efecto de la incidencia natural del virus. El diseño estadístico correspondió a parcelas divididas, con 3 repeticiones. Los tratamientos fueron las parcelas principales y los subtratamientos (cultivares), las subparcelas. Estas estuvieron formadas por 5 hileras de 2 m y con 30 cm de separación entre ellas. Conjuntamente, se realizaron mediciones de las densidades poblacionales de cada especie, de acuerdo a la metodología descrita por Herrera y Quiroz (1983a), expresándolas en número de áfidos/eje o índice de áfidos (Rautapaa, 1966).

A fin de expresar más claramente la relación entre los tratamientos, se utilizó el concepto de índice de tolerancia. Este índice corresponde a: $(\text{tratamiento sin protección/tratamiento con protección}) \times 100$ (Herrera y Quiroz, 1983 b). Durante cada una de las temporadas, los ensayos recibieron las habituales prácticas de manejo, incluyendo aplicaciones de insecticida y fungicidas.

RESULTADOS

Vectores

En el Cuadro 1, se muestra como variaron algunos factores o índices poblacionales de los áfidos vectores del VEAC; durante el desarrollo de este estudio. En

CUADRO 1. Índices poblacionales de tres especies de áfidos vectores detectados en el ensayo

TABLE 1. Population indexes of the three aphid vectors detected in the field experiments

Año	Índice ¹ áfidos	Población máxima	Mes primera detección	Abundancia de especies ²			
				R.p.	S.a.	M.d.	otros
	af./día	af./eje		(o/o)			
1976	1.037,2	40,6	Septiembre	2,0	10,4	81,5	4,9
1977	557,2	41,4	Septiembre	3,9	11,7	83,4	4,5
1978	500,8	6,2	Junio	3,5	25,2	70,7	0,4
1979	341,1	23,4	Julio	35,4	5,2	57,3	1,5
1980	82,7	2,7	Junio	37,4	2,8	55,3	4,4
1981	43,5	1,6	Junio	80,3	3,2	16,3	0,0
1982	64,7	7,3	Septiembre	14,6	39,2	46,1	0,0
1983	31,4	1,6	Octubre	21,1	20,5	58,2	0,0
1984	30,0	1,3	Agosto	35,7	32,9	31,4	0,0
1985	20,1	0,3					

¹ af./día, áfidos día (Rautapaa, 1966)

² R.p.: *Ropalosiphum padi*; S.a.: *Sitobion avenae*; M.d.: *Metopolophium dirhodum*.

(o/o) porcentaje relativos de cada especie ocurrido en toda la temporada.

todo el período, las mayores poblaciones de insectos ocurrieron en las dos primeras temporadas (1976 y 1977), con 40,1 y 41,4 áfidos/eje, respectivamente. En estas temporadas, las poblaciones estuvieron por sobre los umbrales de daño económico mencionados por Zúñiga (1976). En el resto de ellas, estas máximas no superaron los 7,3 áfidos/eje, excepto en 1979, año en el cual las máximas llegaron a 23,4 áfidos/eje. Sin embargo, éstas ocurrieron tarde (E.D. 11; Large, 1954) en la temporada, como para producir un daño directo del áfido.

La fecha de la primera detección de los áfidos en el cultivo varió con la temporada; en 1978, 1980 y 1981 fue en junio, mientras que en 1983, ocurrió en octubre.

La abundancia relativa de las distintas especies también tuvo variaciones anuales. En las dos primeras temporadas, la especie vectora más abundante fue *Metopolophium dirhodum*, con porcentajes superiores a 80%. A partir de 1979, se produjo un aumento de los porcentajes relativos de *Ropalosiphum padi*, pasando de un 2% en 1976 a un 80,3% en la temporada 1981. Entre 1976 y 1978, las dos especies más abundantes fueron *M. dirhodum* y *Sitobion avenae*, mientras que entre 1979 y 1981, ellas fueron *M. dirhodum* y *R. padi*.

Rendimiento

El promedio de pérdida en rendimiento, considerando todos los cultivares y las 10 temporadas, fue 10,1%, con un mínimo de 4,8% (1985) y un máximo de 19,4% (1982). Los promedios anuales de pérdida fueron estadísticamente significativos en los años 1976, 1977, 1978 y 1982.

Cultivares

Todos presentaron pérdidas significativas de rendimiento, en a lo menos tres temporadas, excepto Tolbay, cuyos rendimientos sin y con protección no diferieron estadísticamente en ningún año (Cuadro 2). La medida de todas las temporadas para una variedad en particular, indica su comportamiento en función de la variación anual de la enfermedad, pero no su grado de susceptibilidad. Así, con una media de 8%, Anza tuvo pérdidas de hasta 20% (1982). También, se observó que no todos los cultivares tuvieron fuertes pérdidas en las mismas temporadas. Algunos presentaron pérdidas significativas en temporadas donde otros no las tuvieron y viceversa: la pérdida de Cajeme fue significativa en 1980, cuando la mayoría no lo fue; mientras que dicha pérdida no fue significativa en 1982, donde 8 de los 10 cultivares mostraron disminuciones en los rendimientos, a niveles estadísticamente significativos.

CUADRO 2. Efectos en rendimiento¹ causados por la infección natural del VEAC en 10 cultivares de trigo, durante 10 años (1976-1985)

TABLE 2. Effects on the yield caused by natural infection of BYDV in 10 wheat cultivars, during 10 years (1976-1985)

Cultivares	AÑOS										
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Media ²
Tolbay	—	—	105	96	109	100	97	97	103	99	100 a
Anza	—	87*	91	109	85*	99	80*	87*	89*	102	92 ab
Cajeme	—	—	90*	79*	77*	97	97	99	101	101	92 ab
Toquifén	78*	83*	98	93	101	103	83*	94	81*	100	91 ab
Mexifén	81*	86*	83*	107	106	99	68*	86*	90	101	90 ab
Aurifén	94	—	77*	90*	95	94	82*	71*	91	99	88 b
Sonka-INIA	—	74*	75*	90*	104	96	72*	105	85*	86*	87 b
Yerocha	—	—	67*	96	101	79*	82*	99	99	95	89 b
Quilafén	74*	—	76*	88*	95	86*	77*	88*	85*	102	85 b
Trusa	—	—	63*	90*	88*	99	67*	88*	88*	98	85 b

¹ Porcentaje de tolerancia: (rendimiento sin protección/rendimiento con protección) × 100.

² Valores con letras iguales no difieren estadísticamente (Duncan, $P \geq 0,05$).

*Valor significativo, según F para $P = 0,05$.

— no se probó ese año.

DISCUSION

La incidencia del VEAC depende en gran medida de la dinámica poblacional de sus áfidos vectores. Por lo que, existiendo fuentes de inóculo y altas poblaciones de vectores, como las ocurridas en las temporadas 1976 y 1977, es esperable una alta incidencia de la enfermedad. Las pérdidas de rendimiento en estas temporadas debieron ser causadas tanto por el virus como por la alimentación directa de los áfidos, puesto que éstos estuvieron sobre los niveles de daño económico.

Sin embargo, desde 1978, las pérdidas sólo pudieron ser causadas por el virus, ya que las poblaciones de vectores no superaron los 7,3 áfidos/eje. De las últimas siete temporadas consideradas, sólo 1982 mostró pérdidas promedios significativas en los rendimientos. Esto coincide con las estimaciones de Quiroz (1987) y Cortázar y otros (1987), quienes indican la baja incidencia de la enfermedad desde 1979 en adelante.

Las pérdidas de rendimiento detectadas por los ensayos en las primeras tres temporadas, son superiores a las mencionadas por Cortázar (1984) y similares a las indicadas por Quiroz (1980). Aquí, hay que tomar en cuenta que dicho primer autor sólo consideró la baja en el peso del grano como variable para estimar la pérdida, pero que es sabido que el virus no sólo afecta al peso del grano, sino también el número de granos/espiga y número de espigas/superficie (Cortázar, 1984; Herrera y Quiroz, 1980).

La protección permanente con insecticida no controla completamente la infección con el virus (Quiroz, 1980), puesto que los pulgones lo pueden inyectar antes de ser afectados por el producto aplicado. Por lo tanto, incluso los tratamientos con protección tuvieron una pérdida (no estimada) por efecto del virus.

El VEAC tiene varias razas o aislaciones, las que se diferencian por su especificidad de transmisión a través de los vectores (Rochow, 1969 y 1979). Así por ejemplo, la raza MAV es transmitida específicamente por *S. avenae*, mientras que la raza RPV, lo es específicamente por *R. padi*. Considerando que cada una de las razas tiene diferente grado de severidad en las plantas y que, de acuerdo a la prevalencia de diversas especies vectoras en las diferentes temporadas, debieron predominar razas distintas del virus, se podría explicar la diversidad de reacción en algunas variedades.

Además, se ha demostrado que cada aislamiento o raza afecta con severidad diferente a una misma variedad (Baltenberger, Ohm y Foster, 1987). De ahí la importancia de conocer el tipo y distribución de las principales razas afectando a una región determinada. En Chile, prospecciones preliminares han indicado una predominancia de la raza PAV entre Vallenar y Santiago, mientras hacia el sur, se han encontrado mezclas de las razas PAV y MAV (Herrera y Quiroz, 1983a).

Aun cuando las pérdidas de rendimiento presentadas en este trabajo sólo son válidas bajo las condiciones en las cuales se realizó el estudio, promedios anuales de 10,1%, para todas las variedades y considerando 10 temporadas (o aún mayores si se utilizan sólo los años con epifitias de la enfermedad), apoyan la opinión de Cortázar (1982), quien indica que el VEAC debería estar entre las primeras prioridades para el mejoramiento de variedades a entregar a los agriculto-

res en la zona central de riego. Además, la variación en cuanto a la abundancia y proporción relativa de las distintas especies de áfidos vectores observados en este estudio, enfatizan la necesidad de desarrollar investigaciones que conduzcan a una mayor comprensión del efecto de las variantes del virus en los germoplasmas disponibles.

RESUMEN

Un grupo de cultivares de trigo fueron mantenidos en ensayos durante 10 temporadas. Estos cultivares se sometieron al efecto de dos tratamientos: con y sin protección de insecticida. De esta manera, se estudió el efecto de la infección natural del virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC). Al mismo tiempo, se estudiaron algunos índices poblacionales de los áfidos vectores presentes en las plantas en condiciones de campo.

El experimento indicó una pérdida promedio anual para todas las variedades de 10,1%. Los ensayos de-

tectaron pérdidas significativas en los rendimientos en 4 (1976, 1977, 1978 y 1982) de las 10 temporadas estudiadas.

También se detectó cambios en la abundancia relativa de las distintas especies vectoras. En las primeras temporadas hubo un predominio de *Sitobion avenae* y *Metopolophium dirhodum*; la especie *Ropalosiphum padi* aumentó desde un 2% (1976) a un 80,3% (1981). Los efectos de estos cambios son discutidos.

LITERATURA CITADA

- BALTENBERGER, D.E., OHM, H.W., and FOSTER, J.E. 1987. Reaction of oats, barley and wheat to infection with barley yellow dwarf virus. *Crop Science* 27: 195-198.
- CABALLERO, CARLOS. 1972. Incidencia del ataque del pulgón de los cereales *Metopolophium dirhodum* (Walker) en los rendimientos de trigo. *Rev. Peruana de Entomol.* 15 (1): 195-200.
- CAGLEVIC, MILAN y URBINA, CECILIA. 1976. Determinación del virus del enanismo amarillo de la cebada en la zona centro norte de Chile, por transmisión y microscopía electrónica. *Agricultura Técnica (Chile)* 36 (1): 1-6.
- CASTILLO, DENIS y ACEVEDO, JUAN. 1976. Protección con aficidas durante varios períodos fenológicos de trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.) cultivar Melifén. *Agricultura Técnica (Chile)* 36 (3): 93-98.
- CARRILLO, ROBERTO, MELLADO, MARIO y PINO, ANGEL. 1974. Los áfidos *Sitobion avenae* y *Metopolophium dirhodum*, su influencia en el rendimiento, ubicación en la planta y sus enemigos naturales. *Agro Sur (Chile)* 2 (2): 71-85.
- CORTAZAR S., RENE. 1980. Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y áfidos en trigo en la región centro-norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 40 (2): 53-57.
- CORTAZAR S., RENE. 1982. Mejoramiento genético del trigo para la zona centro-norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 42 (4): 339-346.
- CORTAZAR S., RENE. 1984. Efecto del complejo áfido-virus del enanismo amarillo de la cebada en los ensayos regionales de trigo (1975-1981) de la Est. Exp. La Platina. *Agricultura Técnica (Chile)* 44 (19): 69-72.
- CORTAZAR S., RENE, RAMIREZ A., IGNACIO, MORENO M., OSCAR, HACKE E., ERNESTO y RIVEROS B., FERNANDO. 1987. Análisis del comportamiento de los trigos en la Est. Exp. La Platina, en los años 1982, 1983 y 1984. *Agricultura Técnica (Chile)* 47 (1): 57-62.
- HERRERA M., GUIDO. 1981. Prevalencia de las principales enfermedades del trigo en la zona centro norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 41 (4): 239-241.
- HERRERA M., GUIDO. 1982. El virus del enanismo amarillo de la cebada en Chile. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina* 11: 34-35.
- HERRERA M., GUIDO. 1984. Purificación e identificación del virus del enanismo amarillo de la cebada (barley yellow dwarf virus) por enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA). *Agricultura Técnica (Chile)* 45 (1): 41-45.

- HERRERA M., GUIDO y QUIROZ E., CARLOS. 1980. Efecto del virus del enanismo amarillo de la cebada (barley yellow dwarf virus) y del áfido *Metopolophium dirhodum* W. en trigo (*Triticum aestivum* L.). Agricultura Técnica (Chile) 40 (1): 12–17.
- HERRERA M. GUIDO y QUIROZ E., CARLOS. 1983a. Distribución y aspectos epidemiológicos del virus del enanismo amarillo de la cebada (barley yellow dwarf virus) en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 43 (2): 121–126.
- HERRERA M., GUIDO y QUIROZ E., CARLOS. 1983b. Pérdidas y comportamiento varietal de trigo al virus del enanismo amarillo de la cebada (barley yellow dwarf virus) en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 43 (2): 127–132.
- JONES, A.T. and CATHERALL, P.L. 1970. The effects of different isolate on the expression of tolerance to barley yellow dwarf virus in barley. Ann. Applied. Biol. 65: 147–152.
- JOHNSTONE, G.R. and GUY, P.L. 1987. Epidemiology of viruses transmitted persistently by aphids. Proc. Workshop on epidemiology of plant viruses, 1986, Orlando, USA.
- LARGE, E.C. 1954. Growth stages in cereals. Illustration of Feekes Scale. Plant Pathology 3 (4): 128–129.
- OSWALD, J.M. and HOUSTON, B.R. 1951. A new virus disease of cereals transmissible by aphids. Plant Dis. Reprt. 35: 471–475.
- QUALSET, C., LORENS, D., ULLMAN, D., and McGUIRE, P.E. 1987. Genetics of host plant resistance to barley yellow dwarf virus. En: Abstracts, CIMMYT Workshop on barley yellow dwarf virus. (Ed.) CIMMYT. p.: 52.
- QUIROZ E., CARLOS. 1978. Efecto de la época de siembra, y de la protección permanente en diferentes estados fenológicos del trigo Mexifén, en la incidencia del complejo áfido-virus. Agricultura Técnica (Chile) 38 (1): 54–61.
- QUIROZ E., CARLOS. 1980. Estudios del complejo áfido-virus en el rendimiento del trigo en el valle centro norte de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 40 (1): 1–6.
- QUIROZ E., CARLOS. 1987. Barley yellow dwarf virus in Chile. Situation report. En: Abstracts, CIMMYT Workshop on barley yellow dwarf virus. (Ed.) CIMMYT. p.: 69.
- QUIROZ E., CARLOS, ZUÑIGA S., ENRIQUE y RAMIREZ S., ADRIANA. 1986. Vegetación cordillerana costera y andina como fuente de áfidos (Hom: Aphididae) que afectan a la producción de trigo. Agricultura Técnica (Chile) 46 (3): 271–276.
- RAUTAPAA, J. 1966. The effect of the English grain aphid *M. avenae* on the yield and quality of wheat. Ann. Agr. Fenn. 5 (4): 334–341.
- ROCHOW, W.F. 1969. Biological properties of four isolates of barley yellow dwarf virus. Phytopathology 59: 1580–1589.
- ROCHOW, W.F. 1979. Field variants of barley yellow dwarf virus; detection and fluctuation during twenty years. Phytopathology 69: 655–660.
- TOLLENAAR, HUIB y HEPP, RICARDO. 1972. Determinación del virus del enanismo amarillo de la cebada (barley yellow dwarf virus) en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 32: 137–142.
- VAN DEN BOSCH, ROBERT. 1976. Informe sobre control biológico de los pulgones de los cereales en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 36: 141–145.
- ZUÑIGA S., ENRIQUE. 1976. Pulgones del trigo. Investigación y Progreso Agrícola 8(1): 16–19.