

INFLUENCIA DE LA EPOCA DE SIEMBRA Y DEL POLVILLO DE LA HOJA (*Puccinia coronata* Cda.) EN EL RENDIMIENTO EN GRANO DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN LA PROVINCIA DE ARAUCO¹

The effect of seeding date and leaf rust (*Puccinia coronata* Cda.) on oat grain yield at the Arauco Province, Chile

Ricardo Madariaga B.², Mario Mellado Z.², Hernán Chamorro G.², Luis Barrales V.³ y Edmundo Beratto M.⁴

SUMMARY

Trials carried out at the Puyehue Experimental Field, Cañete (Lat. 37°54' S), showed that: (1) Peragold, a variety susceptible to leaf rust, reduced severely grain production due to this disease, compared to Nehuén, which is resistant, that was not affected in grain yield, by this rust; (2) early varieties, like Nehuén, must be planted between June and August; and (3) late varieties, like Peragold, must be sown during May and June, to obtain high grain yields.

INTRODUCCION

Datos del Instituto Nacional de Estadísticas indican que los rendimientos de avena en la provincia de Arauco han tenido fuertes fluctuaciones durante el quinquenio 1976–1980. Causales importantes de estas reducciones en el rendimiento de avena han sido la falta de uso de variedades mejoradas, unidas a un deficiente manejo del cultivo.

Hasta 1976, la mayor parte de la superficie ocupada por avena en Arauco era sembrada con la mezcla de tipos conocida como "Rubia Corriente" (FNDR VIII Región, 1978), caracterizada por bajos rendimientos de grano, mal tipo agronómico, susceptibilidad a la tendidura y alta susceptibilidad al polvillo de la hoja (*Puccinia coronata* Cda.), enfermedad que el año 1977 redujo el rendimiento promedio provincial a 2,6 qqm/ha.

En los últimos años, los trabajos realizados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias permitieron introducir algunas variedades mejoradas de avena, tal como Nehuén. Con el fin de aprovechar al máximo su potencial, se consideró de interés determinar la incidencia de la época de siembra y del polvillo de la hoja, enfermedad que en diferentes partes del mundo ocasiona reducciones de rendimiento del orden de 10–30% (Simons y Murphy, 1961), en la producción de grano.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se efectuaron en el Campo Experimental Puyehue, ubicado a 12 km al sur de Cañete (37°54' lat. S., 73°24' long. W.) y a 50 m.s.n.m., durante 1978 y 1979.

En el Cuadro 1 se registran la temperatura media, evaporación y precipitación total mensual, en el período comprendido entre enero y diciembre de los años 1978 y 1979, más enero y febrero de 1980.

Se usó el diseño experimental de parcelas divididas, con siete tratamientos (épocas de siembra), dos subtratamientos (cultivares de avena) y cuatro repeticiones. En 1978 las épocas de siembra fueron: 18 abril, 18 mayo, 17 junio, 29 julio, 14 agosto, 23 septiembre

¹ Recepción de originales: 9 de agosto de 1982.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

³ Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

⁴ Estación Experimental Carillanca (INIA), Casilla 58–D, Temuco, Chile.

y 13 octubre. Durante 1979 las épocas de siembra fueron: 26 abril, 23 mayo, 22 junio, 10 julio, 17 agosto, 20 septiembre y 15 octubre. Los cultivares de avena fueron: Nehuén, de alto rendimiento de grano,

resistente a la tendadura y resistente al polvillo de la hoja, y Peragold, semitardía, de buen rendimiento de grano, moderadamente susceptible a la tendadura y susceptible al polvillo de la hoja.

CUADRO 1. Precipitación y evaporación total mensual, temperatura media mensual, en 1978, 1979 y enero y febrero de 1980 (Campo Experimental Puyehue)

TABLE 1. Total monthly precipitation and evaporation, and average monthly temperature during 1978, 1979 and January and February 1980 (Puyehue Experimental Field)

Meses	Precipitación (mm)			Temperatura media (°C)			Evaporación de bandeja (mm)		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980
Enero	*	31,8	0,0	*	18,0	15,6	*	130,2	229,6
Febrero	4,0	0,0	83,1	19,7	15,7	16,4	75,7	113,7	126,0
Marzo	19,0	13,5	—	16,6	14,7	—	74,1	112,2	—
Abril	0,0	12,9	—	14,5	13,0	—	94,9	83,0	—
Mayo	151,7	186,3**	—	14,6	—	—	55,1	—	—
Junio	170,0	147,6	—	12,0	7,2	—	42,1	29,8	—
Julio	446,1	132,3	—	12,0	9,3	—	50,2	30,7	—
Agosto	126,3	249,9	—	8,6	10,3	—	69,0	36,5	—
Septiembre	192,3	118,9	—	11,4	10,0	—	49,7	46,6	—
Octubre	122,8	42,8	—	11,0	11,7	—	77,5	95,1	—
Noviembre	26,8	89,7	—	14,3	14,0	—	111,7	112,9	—
Diciembre	0,0	55,3	—	15,4	16,0	—	134,9	148,1	—

* Sin registro.

** Indica promedio de 50 años (CORFO, 1971), usado debido a la pérdida del dato de pluviometría para el mes y año especificado

Se empleó una dosis de semilla, sin desinfectar, de 120 kg/ha. La fertilización fue de 120 kg de N/ha y 120 kg de P₂O₅/ha, aplicados como salitre sódico (16% N) y superfosfato triple (46 a 48% P₂O₅), respectivamente. El tamaño de la subparcela fue de siete hileras de 5 m, separadas a 30 cm.

En 1979, se sembró dos ensayos iguales, con el fin de dejar la infección natural de polvillo de la hoja en uno y efectuar control químico en el otro. En este último ensayo, antes del inicio del ataque del polvillo, como medida preventiva, se efectuó un control químico (2 de octubre), con Bayletón 25% en dosis de 120 g l.a./ha, el que se repitió posteriormente con una frecuencia de 15 a 20 días; haciéndose la última aplicación el 28 de noviembre.

Las mediciones y notas que se tomaron fueron: rendimiento de grano, peso mil granos, control de severidad y reacción a polvillo de la hoja, y estados de desarrollo de los dos cultivares.

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante 1978, Nehuén superó a Peragold en rendimiento de grano y peso de mil granos, pareciendo ser la causa más probable de este comportamiento la mayor susceptibilidad de este último cultivar al polvillo

de la hoja. Por tanto, durante 1979 se repitió el estudio en duplicado. Un ensayo se realizó bajo las mismas condiciones del primer año y el otro fue, además, tratado con fungicida. De aquí que los resultados y la discusión se presenten fraccionados en tres partes: primero, el comportamiento de los cultivares de avena sin aplicación de fungicidas; luego, el comportamiento de estos mismos cultivares tratados con fungicida; y, finalmente, la comparación de los cultivares con y sin aplicación de fungicida.

Comportamiento de los cultivares de avena en diferentes épocas de siembra, sin aplicación de fungicida

a. Rendimiento de grano

El análisis estadístico combinado de los resultados obtenidos en 1978 y 1979, indicó diferencias estadísticas altamente significativas para años, épocas de siembra y variedades, así como para las interacciones de primer y segundo orden. Esta última, la interacción años por épocas de siembra y variedades, permite la presentación de los resultados y su discusión separadamente por años (Cuadro 2).

Tanto en 1978 como en 1979, los meses de junio y julio correspondieron a las mejores épocas de siembra de avena para producción de grano, aunque en el último año el rango fue más amplio y abarcó los meses de

CUADRO 2. Análisis de varianza para rendimiento de grano, en un análisis estadístico combinado de años (1978/79 y 1979/80), épocas de siembra (siete) y variedades (dos)

TABLE 2. Analysis of variance for grain yield, in a combined statistical analysis of years (1978/79 and 1979/80), time of seeding (seven), and varieties (two)

Fuentes de variación	Rendimiento	
	G.L.	C.M.
Años	1	38212289,28**
Épocas de siembra	6	3422516,36**
Años x épocas de siembra	6	1238833,04**
Variedad	1	29376514,29**
Años x variedad	1	2419032,14**
Épocas de siembra x variedad	6	1814699,70**
Años x épocas de siembra x variedad	6	916727,97**

** Altamente significativo (0,01).

mayo a agosto, no habiendo diferencias estadísticamente significativas en rendimiento en los meses considerados (Cuadro 3). Considerando que el rendimiento es la resultante de la interacción que se genera entre el genotipo (Variedad) y el medio ambiente, cualquiera variación de uno o ambos factores, producirá un cambio en el rendimiento. En este caso particular, el rendimiento analizado es el promedio de dos variedades genéticamente distintas y cultivadas en dos años climáticamente diferentes, y con diferencias dentro de un mismo año debido a las épocas de siembra. Esto originó respuestas diferenciales en rendimiento y reacción a enfermedades, especialmente en aquellas variedades que no tienen resistencia al polvillo de la hoja, como es el caso de Peragold.

CUADRO 3. Rendimiento promedio en grano (qqm/ha) de dos variedades de avena en diferentes épocas de siembra, durante dos temporadas agrícolas (Campo Experimental Puyehue)

TABLE 3. Average grain yields (quintal/ha) of two oat varieties under seven times of seeding and two seasons

Épocas de siembra	Años	
	1978	1979
Abril	24,62 b	25,12 bc
Mayo	30,98 b	37,09 a
Junio	50,22 a	41,29 a
Julio	44,87 a	31,59 a b
Agosto	32,81 b	34,65 a
Septiembre	29,64 b	19,75 c d
Octubre	27,16 b	15,62 d

Dentro de cada año los valores unidos con letras iguales, no tienen diferencias según Duncan (P = 0,01).

En ambos años, los rendimientos de Nehuén fueron superiores a los de Peragold, en cada una de las épocas de siembra (Cuadro 4). Sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas en las tres primeras épocas de siembra, con excepción de abril de 1978. Desde julio a octubre, Nehuén superó estadísticamente a Peragold en los dos años, con excepción de julio de 1979.

CUADRO 4. Promedio de rendimiento en grano y peso de mil granos de dos variedades de avena sin aplicación de fungicida, sembradas en diferentes épocas de siembra (Campo Experimental Puyehue, 1978/79 y 1979/80)

TABLE 4. Average grain yield and 1,000 kernel weight of two oat varieties, without fungicide applications, seeded in seven different dates

Época	Año	Rendimiento (qqm/ha)		Peso mil granos (g)	
		Variedad		Variedad	
		Nehuén	Peragold	Nehuén	Peragold
Abril	1978	31,50 a	17,75 b	34,3 a	25,5 b
	1979	25,34 a	29,89 a	29,3 a	27,0 b
Mayo	1978	37,08 a	24,87 a	31,8 a	23,3 b
	1979	40,17 a	34,01 a	30,0 a	26,3 a
Junio	1978	55,99 a	44,45 a	30,8 a	24,5 b
	1979	48,67 a	33,91 a	28,5 a	25,5 a
Julio	1978	63,83 a	21,91 b	29,8 a	22,3 b
	1979	38,02 a	25,16 a	34,8 a	27,3 b
Agosto	1978	48,50 a	17,12 b	29,5 a	22,8 b
	1979	57,20 a	12,10 b	33,0 a	26,5 b
Septiembre	1978	47,50 a	11,79 b	29,3 a	24,3 b
	1979	33,84 a	5,66 b	31,5 a	22,0 b
Octubre	1978	41,12 a	13,20 b	31,3 a	27,0 b
	1979	23,36 a	7,88 b	30,8 a	24,5 b

Dentro de cada año y cada época de siembra, los valores unidos con letras iguales, no tienen diferencias según Duncan (P = 0,01).

El comportamiento de los cultivares en las tres primeras épocas de siembra se puede explicar por sus características genéticas y fisiológicas. Nehuén es más precoz que Peragold; por tanto, épocas de siembra muy tempranas, probablemente, incidirán en un menor rendimiento si se le compara con cultivares más tardíos, como Peragold. El hecho que en abril de 1978, Nehuén superara estadísticamente a Peragold, no invalida la suposición anterior, ya que esta última variedad fue altamente afectada por tendadura.

Por otra parte, Gilchrist (1974) sostiene que los cultivares de avena, susceptibles al polvillo de la hoja (como Peragold), escapan al ataque del patógeno en la IX Región, cuando se siembran temprano, en otoño

o invierno. Esta situación parece no darse en Cañete, donde las siembras tempranas antes mencionadas son atacadas por el polvillo, afectando al cultivo en las fases finales del crecimiento del grano y no incidiendo estadísticamente en el rendimiento, pero sí en el peso del grano, lo que puede observarse al comparar el Cuadro 4 con el Cuadro 6.

Sin embargo, cuando en esta localidad las siembras se efectúan a finales de invierno o en primavera (agosto a octubre), el ataque del patógeno empieza durante el encañado, variando dentro de esta etapa fenológica el momento de aparición y severidad de la enfermedad. En general, mientras más temprana y severa es la aparición del patógeno, mayor es la disminución de los rendimientos; esto ocurrió con Peragold, en el intervalo de agosto a octubre de los años 1978 y 1979, aunque durante este último año, hubo un efecto combinado del patógeno y de falta de agua, en la disminución de los rendimientos. Beratto (1977) informa que en la temporada 1977, tanto en Carillanca como en Quilamapu, hubo un fuerte ataque de polvillo de la hoja, caracterizado por una alta severidad y muy especialmente por una aparición temprana; en Carillanca, comenzó a partir del estado 8 de la Escala de Feekes-Large, produciendo disminución de los rendimientos y caída en el peso del hectolitro.

Es pertinente acotar que las variedades precoces (como Nehuén) tendrán mayores probabilidades de alcanzar rendimientos más altos, a medida que la época de siembra sea más tardía; pero, no tan tardía como para ser afectadas por limitantes de humedad (Beratto, Rouanet y Landaeta, 1982). De aquí que, tanto en 1978 como en 1979, las épocas de siembra con más altos rendimientos para la variedad Nehuén fueron los meses de junio, julio y agosto.

b. Peso de mil granos

Durante 1978, Nehuén y Peragold tuvieron diferencias estadísticamente significativas en peso de 1.000 granos, en cada una de las épocas de siembra; en 1979, se mantuvieron las diferencias a nivel estadístico para todas las épocas, con excepción de mayo y junio, que no tuvieron limitantes de humedad y el ataque de polvillo de la hoja se presentó en las fases finales del crecimiento del grano (Cuadro 4). Nehuén, por su precocidad y resistencia al polvillo, prácticamente no fue afectado ni por enfermedades ni por limitantes climáticas, superando en ambos años a Peragold.

Comportamiento de los cultivares de avena sembrados en diferentes épocas de siembra, con aplicación de fungicida

a. Rendimiento de grano

Al aplicar fungicida, el análisis entregó diferencias estadísticas para épocas e interacción, pero no para variedades. Esto último se explicaría por el control del polvillo de la hoja ejercido por Bayleton en la variedad Peragold (Cuadro 5), permitiendo que las dos variedades mostrasen rendimientos muy parecidos (Cuadro 6). Esto indicaría que Peragold tiene un alto potencial de rendimiento, que está enmascarado por su susceptibilidad al polvillo, agente causal de la gran inestabilidad en los rendimientos de este cultivar. Por el contrario, la resistencia al polvillo de Nehuén, le da gran estabilidad a sus rendimientos.

Descartado el problema fitosanitario de polvillo de la hoja, la respuesta diferencial de Nehuén y Peragold a las épocas de siembra se explicaría, principalmente, por sus características distintas de precocidad, que ya se analizaron anteriormente. Esto clarifica por qué

CUADRO 5. Reacción de dos variedades de avena sembradas en diferentes épocas de siembra al ataque de polvillo de la hoja, con y sin aplicación de fungicida. (Campo Experimental Puyehue, 1979/1980)

TABLE 5. Reaction to *P. coronata* of two oat varieties, with and without fungicide applications; seeded in seven different dates

Epoca de siembra	Estado de desarrollo		Sin fungicida		Con fungicida	
	Nehuén	Peragold	Nehuén	Peragold	Nehuén	Peragold
Abril	11.1	10.5.4	0	70S	0	10S
Mayo	10.5.4	10.5.3	0	50S	0	0
Junio	10.5	10.2	0	40S	0	0
Julio	10.2	10.1	0	50S	0	0
Agosto	10.1	10	TMR	60S	0	0
Septiembre	8	8	0	40S	0	0
Octubre	4	3	0	0	0	0

Las notas de *Puccinia coronata* Cda. (Escala de Cobbs modificada) se tomaron el 20 de noviembre de 1979, con el estado de desarrollo indicado según la Escala de Feekes-Large

Nehuén, en siembras muy tempranas, tiene rendimientos estadísticamente más bajos e, igualmente, podría explicar por qué una variedad más tardía, como Peragold, se vería más afectada en sus rendimientos cuando se siembra más tarde, en condiciones de baja caída pluviométrica (Cuadro 6).

b. Peso de mil granos

El análisis de varianza dió significancia para épocas, variedades y para la interacción épocas x variedades. Considerando que al aplicar fungicida la acción del hongo sobre los rendimientos se reduce al mínimo, el efecto significativo de la época de siembra sería el efecto real de este factor sobre el peso de mil granos. De la misma manera, el mayor peso de los granos de Nehuén, sobre el de Peragold, es una característica genética de la variedad.

En el Cuadro 6 se observa el comportamiento diferencial de ambas variedades a partir del mes de julio, lo que también se tuvo en el ensayo sin fungicida en 1979. La igualdad del peso de 1.000 granos en abril y junio y el mayor peso de Nehuén sobre Peragold a partir de julio, indicarían, al igual que en el caso de rendimiento de grano, que la precocidad de las variedades influiría en esta tendencia. Además, debe hacerse notar que a pesar de haberse controlado el polvillo, este afectó el peso del grano de Peragold en las siembras tardías, ya que en las siembras de octubre, Nehuén con aplicaciones de fungicida no tuvo polvillo, pero Peragold tuvo un ataque de 30% de severidad (datos del 9 de enero de 1980), cuando ambas variedades tenían su grano en estado lechoso.

CUADRO 6. Promedio de rendimiento en grano y peso de mil granos de dos variedades de avena sembradas en siete épocas de siembra y tratadas con fungicida (Campo Experimental Puyehue, 1979/1980)

TABLE 6. Average grain yield and 1,000 kernel weight of two oat varieties, with fungicide applications, seeded in seven different dates

Epoca de siembra	Rendimiento (qqm/ha)		Peso mil granos (g)	
	Nehuén	Peragold	Nehuén	Peragold
Abril	23,94 a	36,39 b	29,5 a	27,5 a
Mayo	40,04 a	42,82 a	28,5 a	32,0 b
Junio	48,65 a	52,54 a	31,8 a	30,3 a
Julio	45,55 a	43,18 a	33,8 a	31,0 b
Agosto	59,31 a	39,24 a	34,0 a	28,3 b
Septiembre	42,20 a	38,45 a	32,5 a	27,4 b
Octubre	33,77 a	31,04 a	30,5 a	28,0 b

Dentro de cada época de siembra, los valores con letras iguales no tienen diferencias según Duncan ($P = 0,01$).

Comparación del rendimiento de los cultivares de avena, con y sin aplicación de fungicida

Dado que la comparación no puede efectuarse en términos estadísticos, es necesario establecer algunas consideraciones: (1) en 1979 hubo un fuerte ataque de polvillo de la hoja (Cuadro 5); (2) los rendimientos a través de las épocas, en el ensayo sin fungicida, son el efecto combinado del potencial genético de la variedad más el efecto detrimental de la roya; (3) en el ensayo con fungicida, el rendimiento en las diferentes épocas sería sólo la respuesta del genotipo al cambio de medio ambiente producido por las fechas de siembra, ya que hubo control de la enfermedad.

En la Figura 1 se aprecia que no existen diferencias fundamentales de rendimiento en grano, entre aplicar y no aplicar fungicida, en una variedad resistente al polvillo de la hoja, como es Nehuén. Por el contrario, en la Figura 2 se observa la gran diferencia en producción en grano de una variedad susceptible como Peragold, con y sin aplicación de fungicida.

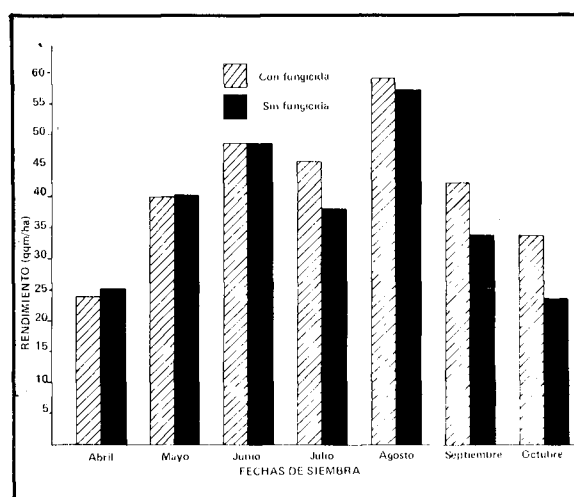
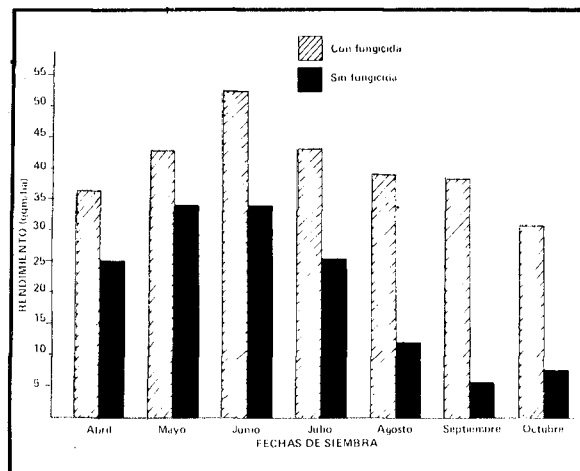


FIGURA 1. Rendimiento en grano del cultivar de avena Nehuén, con y sin fungicida.

FIGURE 1. Grain yield of the oat cultivar Nehuen, with and without fungicide applications.

CONCLUSIONES

Los cultivares de avena para sembrar en la provincia de Arauco deben tener, además de un alto potencial de rendimiento en grano, resistencia al polvillo de la hoja (*Puccinia coronata* Cda.). Esta enfermedad reduce fuertemente la producción de grano en la variedad susceptible Peragold, en tanto que en la variedad resistente Nehuén, la disminución de su rendimiento por esta causa fue nula o muy leve, dentro de las fechas de siembra recomendadas.



Como inferencia general, se puede afirmar que para lograr buenos rendimientos en grano, los cultivares precoces, como Nehuén, deben ser sembrados en esta zona entre los meses de junio a agosto, mientras que cultivares semitardíos, como Peragold, deben ser sembrados entre mayo y julio.

FIGURA 2. Rendimiento en grano del cultivar de avena Peragold, con y sin fungicida.

FIGURE 2. Grain yield of the oat cultivar Peragold, with and without fungicide applications.

RESUMEN

El estudio de la influencia de la época de siembra y del polvillo de la hoja (*Puccinia coronata* Cda.) en el rendimiento de grano de la avena (*Avena sativa* L.), realizado en el Campo Experimental Puyehue, Cañete (lat. 37°54' S), demostró que las variedades susceptibles al polvillo de la hoja, como Peragold, reducen fuertemente su producción de grano, mientras que

variedades resistentes como Nehuén, prácticamente no experimentan mermas de rendimiento por esta causa. También se infiere que las variedades precoces, como Nehuén, deben ser sembradas entre junio y agosto, mientras que las variedades semitardías, como Peragold, deben ser sembradas entre mayo y julio, para obtener altos rendimientos de grano.

LITERATURA CITADA

BERATTO M., E. 1977. Informes técnicos de investigaciones en avena. Programa Cereales, Subprograma Cebada y Avena. Estación Experimental Carillanca. Temuco (Chile).

BERATTO M., E., ROUANET M., J.L. y LANDAETA P., A. 1982. Análisis agroecológico de las variaciones del rendimiento de avena en tres temporadas agrícolas. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca. Año 1, Nº 2, Abril-Junio. Temuco (Chile): 9-13.

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION (CORFO). 1971. Pluviometría de Chile. Departamento de Recursos Hidráulicos, Santiago, Chile, s/p.

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL. Octava Región. 1978. Proyecto de Investigación y Divulgación Agropecuaria para la provincia de Arauco. Segunda Etapa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Quilamapu, Chillán, 135 p.

GILCHRIST S., L. 1974. Informes técnicos de fitopatología. Programa Cereales, Subprograma Avena. Estación Experimental Carillanca, Temuco (Chile).

SIMONS, M.D. and MURPHY, H.C. 1961. Oat diseases. En: Oats and oat improvement, for Coffman, F.A. Madison, American Society of Agronomy. p. 330-333.