FACTORES CLIMATERICOS QUE CONDICIONAN EL ATAQUE DEL PUCCINIA GRAMINIS TRITICI EN CHILE (*)

Por el Ing. Agr. ELIAS LETELIER A.
Depto. de Genética y Fitotecnia.

Es interesante conocer qué condiciones climatéricas son las que determinan en algunos años un gran ataque de polvillo colorado y qué razones impiden su desarrollo hacia el sur del país (**). Debe recordarse primeramente que en Chile la difusión de este hongo parece hacerse exclusivamente por medio de uredosporas y que los Berberis no desempeñan, por lo tanto, su papel de huéspedes de invierno.

Stakman y Lambert (5), en observaciones realizadas desde 1924 a 1925 encontraron que la enfermedad se desarrollaba cuando la temperatura en el período crítico era de más de 16º C. El período crítico es el que sigue a la espigadura, lo cual corresponde a Noviembre en Santiago y a Enero en el sur del país. Tanto en Noviembre en Santiago como en Enero en el sur, la temperatura media mensual es generalmente superior a 16º C., lo que indicaría que, desde el punto de vista de la temperatura, las condiciones para el ataque del hongo son siempre óptimas a lo largo del territorio agrícola del país.

Los mismos autores indican como un factor coadyudante, aunque no de la misma importancia que el anterior, a la humedad libre primaveral, o sea, a la depositada en las hojas por lluvias, lloviznas y rocío, humedad que permite la germinación de las esporas. Respecto a este factor, nuestras condiciones son también favorables, pues en el sur son frecuentes las lluvias primaverales y en el centro, el rocío es muy común en la primavera.

(*) Recibido para su publicación el 15 de Octubre de 1944.

(**) Ataques de intensidad se han constatado hasta Talca. En Temuco aún se pueden observar pústulas. En una gira efectuada por Chiloé especialmente en busca de hongos uredinales por el Ing. Agrónomo Sigurd Arentsen no se encontraron esporas de *Puccinia graminis*.

Según Heald (*6*), "la infección es favorecida por temperaturas moderadamente frías, abundancia de rocío y humedad y días nebulosos y brumosos, en tanto que lluvias bruscas seguidas por rápido despejamiento y evaporación, son desfavorables". Esta última circunstancia también ha sido observada desde hace bastante tiempo en Argentina (*2*).

Stakman (*6*) hace notar que en las regiones de inviernos muy fríos, las uredosporas, aunque alcanzan a pasar el invierno, mueren antes de que llegue el período favorable a la infección.

Lambert (*6*) dice que la supervivencia invernal de las uredosporas es seriamente afectada por heladas y deshielos continuos.

La opinión generalizada entre los agricultores chilenos es que el ataque del polvillo es favorecido por las primaveras nebulosas.

Basándome en estos antecedentes he tratado de discriminar las circunstancias climatéricas que tienen influencia sobre la intensidad de ataque del hongo en Chile. Con este objeto se reunieron datos de ataque del polvillo en Santiago desde el año 1924 adelante (*3*), (*4*), (*7*), clasificándose la intensidad de ataque anual dentro de una escala de 1 a 4, correspondiendo 4 a gran ataque. La intensidad de ataque, de acuerdo con los datos reunidos, fué la siguiente para los diversos años considerados:

1924	1	1933	1
1925	4		
1926	3	1935	2
1927	1	1936	3
1928	2	1937	2
1929	1	1938	1
1930	4	1939	3
1931	4	1940	4
1932	4	1941	2
		1942	1

Se estudió la correlación existente entre intensidad de ataque y una serie de factores climatéricos (Cuadro Nº 1). Los resultados de este estudio se encuentran en el Cuadro Nº 2.

Cinco de los factores considerados acusan correlación positiva y muy significativa con la intensidad de ataque. De ellos el mayor coeficiente de correlación obtenido es el que se refiere a la mínima media invernal, la cual es un índice muy aceptable de la crudeza del invierno. Esto confirma lo aseverado por Stakman y Lambert respecto a la influencia desfavorable del frío invernal sobre las uredosporas. Como en Chile la infección primaveral es producida solamente por uredosporas, es lógico que si éstas son disminuídas en número por un invierno frío, la intensidad del ataque en primavera sea también menor.

CUADRO Nº 1.

Datos climatéricos (*) correspondientes a Santiago entre 1924 y 1942.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1924	18.4	1	0	0	8.0	2.0	—4.6	0	49	10.5
1925	18.2	9	3	4	9.1	4.1	—3.1	1	245	10.8
1926	18.1	1	0	0	8.7	4.4	—1.5	0	754	10.4
1927	17.7	6	2	2	8.2	4.	—2.3	1	398	10.2
1928	18.2	4	0	3	8.1	3.9	—3.0	0	306	10.1
1929	18.6	2	2	0	8.4	3.8	—2.0	16	308	10.1
1930	18.1	13	5	1	10.3	5.9	—1.3	14	363	11.5
1931	18.5	10	5	3	9.3	4.4	—2.0	27	266	10.3
1932	17.6	7	1	4	8.3	5.	—0.8	16	326	10.5
1933	18.1	4	0	3	8.4	3.4	—3.2	0	255	9.8
1934	17.4	12	5	5	8.	4.3	—1.6	8	557	10.
1935	18.6	2	0	2	7.8	3.2	—2.6	0	204	9.1
1936	18.2	0	3	1	8.1	3.3	—1.5	14	348	10.1
1937	18.	4	2	1	8.2	3.9	—3.0	4	326	10.2
1938	18.9	7	3	2	8.1	2.9	—2.6	6	136	9.9
1939	18.	8	8	3	9.1	4.4	—2.8	47	232	11.2
1940	17.7	10	4	3	8.9	5.2	—1.2	10	294	11.1
1941	17.9	10	8	0	8.6	4.4	—1.0	24	641	10.6
1942	18.5	1	7	4	8.7	2.4	—4.2	42	345	9.5

1.—Año;
2.—Temperatura media, Noviembre y Diciembre;
3.—Núm. de días nublados, Noviembre y Diciembre;
4.—Núm. de días lluvia y llovizna, Noviembre y Diciembre;
5.—Núm. de días neblina, Noviembre y Diciembre;
6.—Temperatura mínima media Primaveral (Sept. a Dic. incl.);
7.—Temperatura mínima media Invernal (Junio a Agosto, incl.);
8.—Temperatura mínima absoluta invernal;
9.—Lluvias en Noviembre y Diciembre (Mms.);
10.—Lluvias de Mayo a Septiembre, incl. (Mms.);
11.—Temperatura media de Junio a Octubre, incl.

La alta correlación entre número de días nublados en Noviembre y Diciembre (período de mayor ataque de la enfermedad) e intensidad de ataque corresponde a lo indicado por Heald y a la observación de los agricultores en el país.

Otros dos factores que muestran correlación con intensidad de ataque son la mínima absoluta invernal y la mínima media primaveral.

La temperatura media desde Junio a Octubre inclusive se consideró por estimar que, dados los antecedentes expuestos anteriormente de haberse encontrado pústulas en invierno, sería posible un reducida

(*) Los datos de temperatura están en grados centígrados.

CUADRO N° 2.

Coeficiente de correlación entre intensidad de ataque del *Puccinia graminis tritici* en Santiago y diversos factores climatéricos (datos de 19 años) (*)

FACTORES CLIMATERICOS	r	P5%	P1%
Temperatura media de Noviembre y Diciembre	—0,405	0,456	0,575
Núm. de días nublados en Noviembre y Diciembre	0,571 *		
Núm. de días lluvia y llovizna en Noviembre y Diciembre	0,262		
Núm. de días con neblina en Noviembre y Diciembre	0,312		
Núm. de días lluvia, llovizna y niebla en Nov. y Dic.	0,410		
Temperatura mínima media primaveral (Sept. a Dic.)	0,574 **		
Temperatura mínima media invernal (Jun. a Agost.)	0,753 **		
Mínima absoluta invernal	0,581 **		
Lluvias en Noviembre y Diciembre (Mms.)	0,139		
Lluvias de Mayo a Sept., Incl. (Mms.)	0,196		
Temperatura media de Junio a Octubre, incl.	0,601 **		

multiplicación de las uredosporas en este período, multiplicación que sería mayor con temperaturas altas y que favorecería un ataque más intenso en el período crítico. Se obtuvo una alta correlación con este factor climatérico.

La correlación con temperatura media en Noviembre y Diciembre es relativamente alta, aunque no alcanza el límite de significación de P 5% y, contrariamente a lo esperado, es negativa.

El número de días de lluvia y llovizna y el número de días de niebla, como factores coadyudantes a mantener humedad libre sobre las plantas, se esperaba que darían correlación significativa con intensidad de ataque, de acuerdo con las observaciones de Stakman. Aunque separadamente ninguno de ellos dió correlación, juntando ambos factores en uno sólo se obtiene un coeficiente de correlación cercano al límite de 5 por ciento.

Los milímetros de lluvia caídos en Noviembre y Diciembre se consideraron para apreciar si el exceso de lluvia en el período de ataque produce un lavado de las pústulas que ayudaría a controlar el desarrollo del patógeno. No se obtuvo correlación significativa.

La cantidad de lluvia caída en el invierno se tomó en cuenta considerando que en esta circunstancia reside una de las principales diferencias entre el sur y el centro del país, lo que podría explicar la ausen-

---

El signo * al lado de un coeficiente indica: significativo para P 5% y el signo ** indica: significativo para P 1%.

(*) Las mínimas medias son todas sobre 0 y las mínimas absolutas son todas bajo 0. En ambos casos el signo de coeficiente indica que a menor temperatura, menor ataque del hongo.

cia de ataque en el sur. Sin embargo, no se obtuvo correlación significativa.

La cuestión que es necesario aclarar ahora es la siguiente: Los factores climatéricos que muestran correlación significativa o cercana a la significación con intensidad de ataque, ¿deben esta circunstancia a una relación directa de causa a efecto con la enfermedad, o a una relación indirecta a través de otro factor con el cual ambos factores están a la vez relacionados?

Así por ejemplo, partiendo de la correlación con la mínima media invernal, que es la más alta, es posible que los otros factores que presentan correlación con intensidad de ataque la deban a que están correlacionados con la mínima media invernal y no a un efecto directo sobre el ataque del hongo. En el cuadro Nº 3 se indican los coeficientes de correlación obtenidos entre mínima media invernal y los factores antedichos.

CUADRO Nº 3.

Correlación entre Mínima media Invernal y otros Factores Climatéricos.

FACTORES CLIMATERICOS	r	P5%	P1%
Mínima media primaveral	0,63 **	0,456	0,575
Mínima absoluta invernal	0,78 **		
Número de días nublados, Noviembre y Diciembre	0,71 **		
Temperatura media, Noviembre y Diciembre ....—	0,58 **		
Núm. de días lluvia, llovizna y neblina, Nov. y Dic.	0,26		
Temperatura media de Junio a Octubre, incl.	0,68 **		

El único factor que no presenta correlación significativa con mínima media invernal es la suma de días de neblina, lluvia y llovizna en Noviembre y Diciembre.

Aunque de todos los factores analizados, es la mínima media invernal la que presenta una correlación más alta con intensidad de ataque, ello no autoriza para considerar que es este el único factor que está relacionado directamente con intensidad de ataque. Para dilucidar este punto se ha recurrido al concepto de correlación parcial, mediante el cual es posible separar el efecto de un factor determinado y, de este modo, averiguar la correlación entre 2 factores determinados prescindiendo del efecto del factor separado.

Se calcularon correlaciones parciales dentro de grupos de 3 variables, siendo una de ellas Intensidad de ataque; otra, mínima media invernal; y la tercera, cada uno de los factores analizados que presentan correlación con los dos primeros. Los resultados obtenidos se encuentran en el Cuadro Nº 4.

CUADRO Nº 4.

Coeficientes de Correlación Parcial entre Intensidad de Ataque de *Puccinia graminis*, Mínima Media Invernal y Otros Factores Climatéricos.

Correlación entre:	*Variable eliminada:*	r
Int. ataque y Mínima media Invernal	Núm. días nubl. Nov. Dic.	0,60 **
" " " " " "	Mín. Med. Primaveral	0,61 **
" " " " " "	Mín. Absoluta Inv.	0,47 *
" " " " " "	Temp. Media Nov. Dic.	0,69 **
" " " " " "	Temp. Media Jun. a Oct.	0,58 **
Int. ataque y Núm. días nubl. Nov. D	Mín. media invernal	0,24
" " " Mín. media primaveral	" " "	0,19
" " " Mín. absoluta invernal	" " "	—0,01
" " " Temp. media Nov. Dic.	" " "	0,19
" " " Temp. media Junio a Oct	" " "	0,19

Puede observarse en el cuadro que en cada uno de los casos en que se ha prescindido del efecto de la mínima media invernal no se ha obtenido correlación entre el factor considerado y la intensidad de ataque. En cambio, la Mínima media invernal mantiene siempre correlación significativa con intensidad de ataque, aunque se elimine el efecto de cualquiera de los otros factores. Esto quiere decir, que de todos los factores que acusan correlación simple con intensidad de ataque (menos suma de días con neblina, lluvia y llovizna), el único que tiene una correlación directa es la Mínima media invernal, siendo la correlación de los otros factores indirecta y debida a su correlación con ese factor climatérico.

El único factor que, teniendo una correlación algo elevada con intensidad de ataque no acusa correlación con Mínima media invernal es la suma de días de neblina, lluvia y llovizna en Noviembre y Diciembre. Sin embargo, este factor tiene una correlación simple de 0,60, muy significativa, con número de días nublados en Noviembre y Diciembre, el cual está a su vez relacionado con Mínima media invernal. Calculando la correlación parcial entre "Suma de días con neblina, lluvia y llovizna" e "Intensidad de ataque", prescindiendo de la variable "Número de días nublados en Noviembre y Diciembre" se obtiene el valor r=o, 102, no significativo y muy bajo, lo que prueba que la correlación simple obtenida es indirecta y se debe a la correlación con Número de días nublados, factor cuya correlación con intensidad de ataque es también indirecta.

En resumen, de todos los factores climatéricos analizados, el único que demuestra tener una muy probable relación de causa a efecto con la intensidad de ataque de *Puccinia graminis* es la temperatura mínima media del invierno precedente a la infección, factor que puede con-

siderarse como un índice de la crudeza del invierno. (Fig. 1). Desgraciadamente, esta circunstancia no explica la distribución de la intensidad del ataque a través del país, pues en la zona sur, donde prácticamente no hay ataque del hongo, la Mínima media invernal es superior a la de Santiago. Como ejemplo, se dan a continuación las mínimas medias invernales de varias estaciones meteorológicas de Santiago al sur: promedios de 5 años):

Santiago	3,9°
Cauquenes	5,6°
Traiguen	5,6°
Temuco	5,3°

Se ha visto anteriormente que tampoco otras condiciones climatéricas características de la zona sur parecen tener infuencia en la intensidad de ataque de la enfermedad (lluvias invernales, lluvias primave-

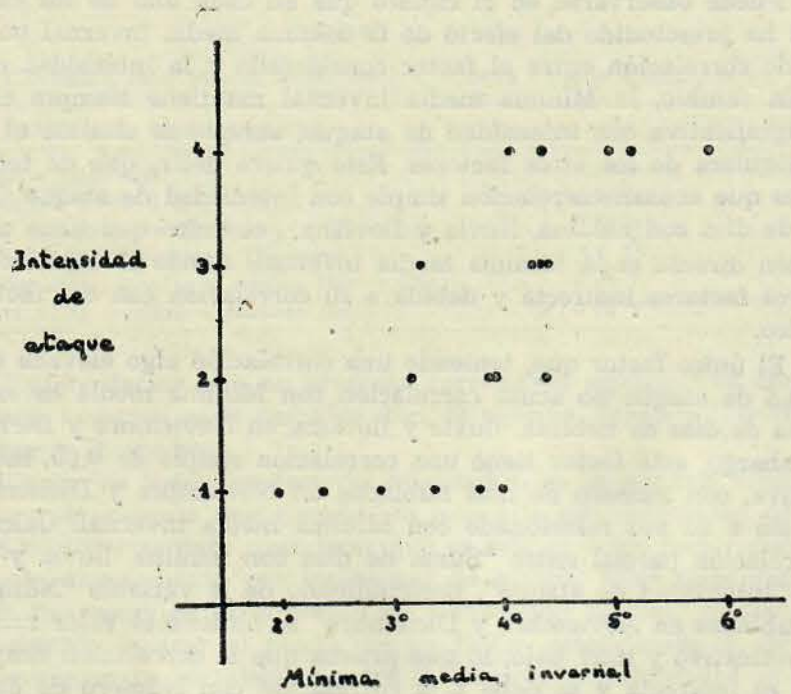


Fig. 1. — Correlación entre la intensidad de ataque del Puccinia graminis tritici y la temperatura mínima media del invierno precedente al ataque.

rales, menor temperatura media invernal). La causa de este fenómeno deberá ser buscada mediante algunos años de observaciones en el terreno.

En todo caso, la correlación encontrada con la Mínima media invernal es de gran interés, pues ayudaría a hacer a fines de invierno un pronóstico de alguna aproximación con referencia a la intensidad del siguiente ataque de la enfermedad en la zona central.

RESUMEN

En este trabajo se ha tratado de investigar las causas que provocan en algunos años un gran ataque de *Puccinia graminis tr.* y los factores que limitan el ataque en el sur del país. Con este objeto se reunieron una serie de datos climatéricos de Santiago correspondientes a los años comprendidos entre 1924 y 1942; estos datos corresponden a factores de clima que se estimó que probablemente tuvieran relación con la intensidad del ataque, de acuerdo con la literatura consultada y las observaciones de los agricultores chilenos. Por otra parte se clasificaron esos mismos años dentro de una calificación de 1 a 4, de acuerdo con la intensidad de ataque observada en cada uno de ellos en la Zona Central. Se calculó el coeficiente de correlación entre cada uno de los factores considerados e intensidad de ataque, encontrándose 5 factores climatéricos correlacionados significativamente con la intensidad de ataque. La correlación más alta que se encontró fué la correspondiente a "Temperatura mínima media del invierno", cuyo coeficiente de correlación con intensidad de ataque fué de + 0,753, significativo para P: 1%. Aplicando el concepto de correlación parcial se desprende que de los 5 factores correlacionados con "intensidad de ataque", el único cuya relación es directa es "Mínima media invernal", lo que significa que mientras más elevada es esta mínima, mayores probabilidades hay de que se produzca un fuerte ataque del hongo en la primavera. La correlación encontrada no explica la ausencia de ataque en el sur del país, pues en esta región las mínimas medias del invierno son más elevadas que en Santiago.

SUMMARY

The author has attempted to investigate in Chile the causes that promote in some years a heavy attack of *Puccinia graminis tr.* and the factors that reduce the attack in the southern part of the country. Climaterical dat a of Santiago from 1924 to 1942 was colected. This data corresponds to climatic factors probably related to the intensity of attack according to literature and observations of Chilean farmers. The named years were ranked from 1 to 4, according to the inten-

sity of attack observed in each year in the central zone of the country. The correlation coefficients between each of the considerad climatic factors and intensity of attack were calculated. Five of the factors were significantly correlated with intensity of attack. The highest correlation coefficient was that between the average minimum winter temperature and the intensity of attack ($r = + 0{,}753$, significant for P: 1%). Applying the concept of partial correlation it is infered that, of those five factors correlated with intensity of attack, the only one which presents a direct correlation is the average minimum winter temperature. This means that, when the mean of all the daily minimums during winter is high, there are more chances that a strong attack of the disease in spring time will be produced. This correlation do not explain the lack of attack in the south, where the average minimum temperature is higher than in the central zone (Santiago).

LITERATURA CITADA

(1) 1924 a 1942. Anuario Meteorológico de Chile.

(2) BAEZ, J. R., 1939. "La lluvia y el polvillo" en Santa Fe y Paraná a principios del Siglo XIX". Rev. Arg. Agr. **6**: 203-206.

(3) 1924 a 1838. Boletín del Ministerio de Agricultura, Chile.

(4) 1930 a 1942. Boletín del Banco Central de Chile.

(5) HUMHREY, H. B., 1941. "Climate and Plant Diseases", Yearbook of Agriculture. U. S. D. A. 1941.: 499-502.

6.—HEALD, F. D., 1937. "Introduction to Plant Pathology" Mc Graw-Hill Book Co.: 194-205.

(7) 1924 a 1941. Memoria de la Sociedad Nacional de Agricultura.