

**Razas Fisiológicas  
de  
Puccinia Graminis Tritici  
en México**

E. C. Stakman, W. Q. Loegering, J. G. Harrar  
y N. E. Borlaug



OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES  
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
MEXICO, D. F.

**Razas Fisiológicas  
de  
Puccinia Graminis Tritici  
en México**

E. C. Stakman, W. Q. Loegering, J. G. Harrar  
y N. E. Borlaug

PROGRAMA DE AGRICULTURA COOPERATIVO DE  
LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA DE MEXICO, D. F.  
Y  
LA FUNDACION ROCKEFELLER

# RAZAS FISIOLÓGICAS DE PUCCINIA GRAMINIS TRITICI EN MÉXICO

E. C. STAKMAN<sup>1</sup>, W. Q. LOEGERING<sup>2</sup>, J. G. HARRAR<sup>3</sup>  
y N. E. BORLAUG<sup>4</sup>.

El método ideal para combatir las enfermedades de las plantas, cuando es posible, es el empleo de variedades resistentes, evitando así los gastos en materiales, equipo y mano de obra necesarios para el combate químico o de otro tipo. Desde luego, el combate de algunas enfermedades epidémicas destructivas sólo puede realizarse empleando variedades resistentes, debido a que no existen otros métodos prácticos de combate. Entre estas enfermedades figuran algunas de las royas o chahuixtles de los cereales y otras muchas enfermedades de algunas plantas cultivadas más valiosas.

---

(1) Jefe de la División de Patología y Botánica de la Universidad de Minnesota, y Técnico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2) Técnico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (3) Director de Agricultura de la Fundación Rockefeller. (4) Fitopatólogo de la Oficina de Estudios Especiales de la Fundación Rockefeller.

Este trabajo está basado sobre datos obtenidos en las investigaciones realizadas en colaboración por la Secretaría de Agricultura de México, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Estación Agrícola Experimental de Minnesota. Desde 1943 ha colaborado también la Fundación Rockefeller, a través de su Oficina de Estudios Especiales, adscrita a la Secretaría de Agricultura en México. Documento número 2509 de la Serie "Periódico Científico", Estación Agrícola Experimental de Minnesota.

Han contribuido muchas personas a preparar colecciones de chahuixtle en México, independientemente de los autores. Los Ingenieros José Rodríguez V., Leonel Robles G., Joaquín Loredó G., Benjamín Ortega C., Alfredo Campos T., y Teodoro Enciso C., recolectaron o arreglaron un número considerable de colecciones. Eventualmente fueron enviadas otras colecciones por diversas personas de México. Donald G. Fletcher, Secretario Ejecutivo de la Conferencia para la Prevención de la roya del trigo, en Minneapolis, Minn., realizó diversos viajes a México y proporcionó un número considerable de colecciones. Todas estas personas y entidades son acreedoras a nuestra gratitud.

Las razas se han identificado en colaboración con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Estación de Minnesota en la Granja de la Universidad de St. Paul, Minn. Entre las personas que contribuyeron a esta identificación en distintas ocasiones están: Dr. M.N. Levine, Dr. J.M. Wallace, Lee Hines, Dr. R.C. Cassell, y Dr. R.U. Cotter.

Aunque se han hecho progresos notables en la creación de variedades resistentes a las enfermedades, también se han sufrido fracasos desalentadores. Con frecuencia las variedades sólo han sido resistentes por un tiempo limitado y algunas variedades han resistido en algunas áreas pero no en otras. Es bien sabido que una de las principales causas de las pérdidas aparentes de la resistencia de las variedades, es la existencia de razas fisiológicas dentro de las especies de muchos organismos patógenos; por lo tanto se admite en general que el conocimiento relativo a estas razas es requisito indispensable para la producción y conservación satisfactoria de variedades resistentes.

Debido a la importancia del trigo y a los daños que causa la roya o chahuixtle del tallo, *Puccinia graminis tritici*, se ha intentado la creación de variedades resistentes en la mayor parte de los países productores de trigo del mundo. Aunque la extirpación del huésped alternante del chahuixtle del tallo, las especies de *Berberis* y *Mahonia*, combaten la enfermedad eficientemente en algunos países, existen áreas extensas de producción triguera donde la roya o chahuixtle puede hacerse endémica sin la ayuda de la fase ecial en el *Berberis*. Así ocurre en la vasta región productora de trigo que se extiende desde el centro de México hasta la cuenca del Mississippi en los Estados Unidos y en la región de las praderas del Canadá (8); en algunas partes de esta zona se encuentra trigo, cebada o pastos silvestres susceptibles en vegetación activa en todas las épocas del año y por lo tanto la fase uredial de la roya puede multiplicarse y distribuirse extensa y rápidamente.

Como consecuencia de estudios completos sobre la epidemiología de la roya del tallo del trigo (18), se sabe que la fase uredial puede persistir durante todo el año en el centro de México, y al menos en algunas estaciones en el norte de México también. Miles de millones de esporas pueden ser diseminadas por el viento incluso desde zonas relativamente pequeñas de trigo infestado. En la primavera y verano, por lo tanto, la roya puede difundirse progresivamente hacia el norte desde la parte septentrional de México y ciertas zonas de Texas, donde la fase uredial puede resistir también en invierno en condiciones favorables, hasta alcanzar el límite norte de la producción de trigo. El proceso puede repetirse en sentido inverso en el otoño, época en que los vientos pueden llevar esporas hacia el sur e infectar las siembras de trigo de otoño. Indudablemente que por su naturaleza, el problema de la roya del tallo en Norteamérica es de interés internacional, pues puede haber intercambios de propágulos entre México, los Estados Unidos, el Canadá, y posiblemente la América Central (8, 9, 12). Por lo tanto, el combate de la roya es también de importancia internacional<sup>5</sup>.

Durante más de cuarenta años se han realizado trabajos de mejoramiento en los Estados Unidos y casi durante el mismo tiempo en el Canadá, con el fin de crear variedades de trigo resistentes a la

---

(5) En la cita bibliográfica número dos se encuentra un resumen de los datos del Canadá.

roya del tallo; sería más exacto decir a las royas del tallo, pues se conocen más de 200 razas fisiológicas de *Puccinia graminis tritici* (13) y se están produciendo continuamente otras nuevas como resultado de hibridaciones entre las existentes. Como la fase sexual de la roya tiene lugar en las especies de *Berberis* (incluyendo algunas especies de *Mahonia*), la extirpación de las plantas de *Berberis* en aquellas zonas donde la roya tiene importancia señalada no sólo para reducir el número de infestaciones de roya, sino también para limitar el número de razas fisiológicas que puedan resultar de la recombinación entre las razas existentes. Por lo tanto, el combate de la roya del trigo en Norteamérica debe comprender no sólo la creación de variedades resistentes, sino también la extirpación del huésped ecial, a fin de reducir el número de razas de roya a que están expuestas las variedades.

Según la experiencia adquirida, parece claro que las razas fisiológicas que llegan a establecerse en algún lugar del área geográfica en cuestión, pueden establecerse eventualmente en cualquier lugar de dicha zona, aún cuando el tiempo necesario para llegar a ciertos lugares de la zona pueda ser de mayor duración que para otros. En México, por ejemplo, ciertas razas predominaron en el norte durante algunos años antes de llegar a establecerse en el centro y en la actualidad, ciertas razas que predominan tanto en el norte como en el centro del país no se encuentran en la parte noroeste<sup>6</sup>. Los datos relativos a la distribución y predominio de las razas en México (Tabla 1) se dan, por lo tanto, para ilustrar ciertas generalizaciones importantes respecto a la dinámica de las razas de roya o chahuixtle.

Sobre la base de los datos disponibles parecen poder justificarse las siguientes generalizaciones: (1) es probable que exista un intercambio de royas entre el norte de México, la cuenca del Mississippi en los Estados Unidos y las Provincias de las praderas del Canadá, casi todos los años; (2) el intercambio de royas entre el centro y el norte de México es relativamente poco común; (3) la situación respecto al noroeste de México no es clara, aun cuando es probable que exista un intercambio frecuente con Arizona y California; (4) el mayor peligro de las razas nuevas y virulentas está en el noreste de los Estados Unidos y posiblemente en el este del Canadá donde existe todavía gran número de plantas de *Berberis* sobre las que se producen anualmente razas nuevas no predominantes; (5) es posible, pero todavía no está demostrado definitivamente que puedan producirse nuevas razas eventualmente en el *Berberis trifoliolata* o especies de *Mahonia* en

---

(6) En el texto de este trabajo la zona productora de trigo denominada Central comprende el Bajío, el Valle de México y los Estados de Puebla, México, Hidalgo, Michoacán y Jalisco. También se han obtenido algunas colecciones en el Estado de Oaxaca. Algunas de las Tablas y publicaciones preliminares citan esta zona como sur de México o zona sur-central de México. La zona norte comprende las regiones trigueras de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y parte de Durango. La zona noroeste ha incluido hasta ahora principalmente la región triguera del Valle del Yaqui, en el Estado de Sonora y las zonas inmediatas.

TABLA I.

Predominancia relativa de las raza 17, 38, 49 y 56 de PUCCINIA GRAMINIS TRITICI en el Centro, Norte y Noroeste de México y en los Estados Unidos, de 1930 a 1949, inclusive.

PERCENTAJE DE AISLAMIENTOS TOTALES POR RAZAS

	Raza 17			Raza 38			Raza 49			Raza 56			
	Méx. C.	Méx. N.	Méx. NW.	E. U. A. C.	Méx. N.	Méx. NW.	E. U. A. C.	Méx. N.	Méx. NW.	E. U. A. C.	Méx. N.	Méx. NW.	
1930	0 <sup>a</sup>	0	—	0.3	47	—	30	0	40	—	20	0	0.2
1931	0	0	—	1	35	—	15	0	52	—	25	0	1
1932	— <sup>a</sup>	3	—	1	43	—	46	—	30	—	27	—	2
1933	—	13	—	1	47	—	33	—	40	—	37	—	4
1934	0	3	—	1	12	—	3	0	37	—	7	0	33
1935	—	2	—	2	22	—	5	—	22	—	1	—	44
1936	—	16	—	4	12	—	22	—	6	—	1	—	47
1937	—	9	—	6	26	—	9	—	10	—	7	—	56
1938	0	8	—	3	37	—	16	—	16	—	1	7	66
1939	2	30	—	10	28	—	24	0	3	—	1	0	56
1940	0	38	—	34	14	—	10	0	7	—	1	5	44
1941	2	58	—	51	68	—	6	0	3	—	2	2	32
1942	1	38	33	27	15	17	27	0	10	0	4	1	18
1943	0	49	17	23	42	6	24	0	6	0	0.3	3	33
1944	2	27	—	21	20	—	26	0.4	0	—	0.2	2	17
1945	7	21	0	34	27	15	12	0	7	39	2	6	56
1946	6	50	50	17	49	25	35	0	0	0	0.4	9	46
1947	15	100	6	15	31	0	9	0	0	0	0	14	50
1948	25	0	22	32	41	33	33	0	0	4	0.1	10	94
1949 <sup>b</sup>	35	29	23	26	30	17	25	0	0	0	1	10	74

a/ El cero (0) indica que no se obtuvieron aislamientos de las colecciones; el guión (-) indica que no se hicieron colecciones.  
 b/ Resultados incompletos.

las partes altas de México y en el *B. fendleri* en ciertas zonas montañosas del suroeste de los Estados Unidos.

Existe cierta tendencia a una variación simultánea de la predominancia de las razas fisiológicas de la roya del tallo del trigo en el norte de México y en los Estados Unidos, como se ve en la figura 1. Se observa esto claramente en el caso de las razas 17, 38, 49 y 56. Las razas 11, 21, 34, 36 y 49 han tendido a reducir su predo-

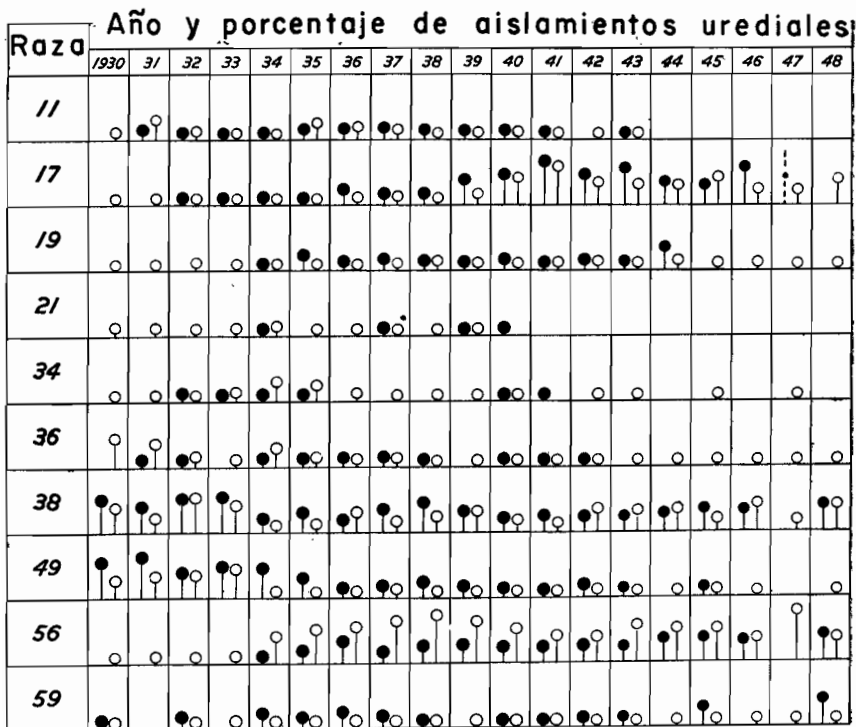


Fig. 1.—Prevalencia relativa de las razas fisiológicas de *Puccinia graminis tritici* en el norte de México y en los Estados Unidos, 1930-1948. Cada círculo negro indica aislamientos de México, cada círculo blanco de los Estados Unidos. La altura de cada bloc representa cien por ciento, la altura de cada línea representa el porcentaje de aislamientos.

minio hasta el punto de anulación durante los últimos veinte años. En cambio el predominio de las razas 17 y 56 ha aumentado notablemente, habiendo empezado la raza 56 en 1934 y la 17 en 1939. El predominio de la raza 38 ha fluctuado de un año a otro, pero ha mostrado tendencia a fluctuar en forma análoga en el norte de México y en los Estados Unidos.

Aunque se ha tratado de obtener una muestra adecuada de trigos

con roya del norte de México y de los Estados Unidos cada año, hubo tan poco ataque de roya en el norte de México en algunos de los últimos años, que los porcentajes representan poco en relación con las tendencias, especialmente en los años 1946, 1947 y 1948. Los datos relativos a los Estados Unidos están basados sobre la identificación de razas en una muestra tomada al azar entre 400 a 1,200 colecciones de trigo atacado de roya cada año (17). Los datos del norte de México están basados sobre un número variable de colecciones que varían desde unas cuantas en los años de poco ataque, a más de 100.

Los datos de la figura 1 están basados en el número de veces que se aisló cada raza en relación con el número total de razas aisladas. Como algunas veces se presentan varias razas en una misma muestra de trigo, el número de razas aisladas no es el mismo que el número de muestras. Por ejemplo, pueden obtenerse 150 razas en 100 muestras de trigo atacado; si 100 casos corresponden a la raza 56, 25 son de la raza 17 y 25 de la 38, los porcentajes de predominio de cada una de las razas son respectivamente 67, 16 y 16. Por lo tanto, los porcentajes para los años sucesivos representan el predominio relativo de cada raza en relación con todas las demás e indican la marcha correspondiente al aumento o disminución del predominio de cada raza durante un período de años. En general, estas cifras indican también la cantidad relativa de inóculo de las distintas razas.

En lo que puede deducirse de los datos disponibles (Tabla 1), la situación de la roya del trigo en el centro de México fué totalmente distinta de la del norte de dicho país, en el período comprendido entre 1930 y 1945. Como han indicado Stakman, Popham y Casell (18), el predominio de las razas en el norte de México, tienen una relación muy estrecha con el de los Estados Unidos. En cambio, en el centro de México, solamente tres razas, las 19, 38 y 59, tuvieron suficiente predominio para ser importantes, y aún estas tres no siempre resultaron distribuidas de un modo general a través de la zona. Por ejemplo, en el Valle de Tehuacán, sólo se encontró la raza 59 durante varios años, mientras que en los mismos años sólo se encontró la raza 38 en el Valle de Atlixco, distante menos de cien millas. Estos resultados son decisivos, pues se identificaron muestras adecuadas y se hicieron esfuerzos especiales para no dejar de tener en cuenta ninguna raza. Tales hechos muestran simplemente que en algunos años, en ciertas partes de México, hay relativamente poco intercambio de inóculo entre localidades relativamente próximas. Esto es de esperarse en una zona donde la topografía es tan accidentada como en algunas partes del centro de México. Sin embargo, donde no existen barreras naturales, es probable que haya mayor intercambio de inóculo y que las razas estén menos localizadas, salvo en el caso de que algunas de ellas puedan ser detenidas como resultado de la resistencia de algunas variedades de trigo.

El trigo Marquis y algunos otros trigos rojos duros de primavera que fueron muy susceptibles en el norte de México y los Estados



Unidos, resultaron resistentes en el sur de México a causa de su resistencia a las razas 19, 38 y 59. Desde 1930 a 1938 inclusive, la raza 49 fué común en el norte de México, pero no se encontró en absoluto en el sur. Esta raza fué también muy común en los Estados Unidos desde 1930 a 1933 y después decreció más rápidamente que en el norte de México. No obstante, durante el período de su predominio en el norte de México, sólo se encontró en el centro de dicho país en muy pequeña cantidad en 1944; fuera de esto, nunca se registró su presencia en el centro de México a pesar de los reconocimientos efectuados en 1930, 1931 y 1934, y posteriormente en 1938 a 1949 inclusive. La raza 17 también predominó notablemente en el norte de México de 1932 a 1949 inclusive, pero sólo se encontró esporádicamente en el centro de México hasta 1945. Ahora parece estar establecida en dicha región como lo indica el hecho de que los porcentajes de predominio para 1947, 1948 y 1949, fueron 15, 25, y 35 por ciento, respectivamente. Algo análogo ocurre en relación con la raza 56; esta raza se encontró por primera vez en la parte central norte de los Estados Unidos en 1928 (11) y aumentó su predominio y extendió su área geográfica rápidamente desde 1934 en adelante. Se encontró por primera vez en el norte de México en 1934, correspondiéndole el dos por ciento del total de casos aislados. Desde esa época se ha encontrado todos los años excepto en 1947, año en que apenas hubo roya en el norte de México, y cada año formó del diez al treinta y tres por ciento de todos los casos aislados; sin embargo no se encontró en el centro de México hasta 1938. En los cinco años siguientes sólo se registró esporádicamente y en cantidades relativamente pequeñas. No obstante, hoy día parece estar totalmente establecida como lo indica el hecho de que le ha correspondido el diez por ciento o más de todos los casos aislados procedentes del centro de México, durante los últimos tres años. Se encontró una vez en Guatemala en 1948; por lo tanto, parece haberse extendido incluso más allá de México<sup>7</sup>.

La situación con respecto a las razas de roya en el centro de México ha cambiado, por lo tanto, durante los últimos diez años (véase la figura 2). Se ve claramente que las razas distintas de la 17 y la 56 comprendieron casi el cien por ciento de las razas fisiológicas identificadas en el centro de México desde 1928 a 1944. A partir de 1945, no obstante, las razas 17 y 56 han aumentado hasta ocupar aproximadamente el cuarenta y cinco por ciento de todos los casos aislados en 1949. Si bien la raza 17 se había observado en el centro de México, antes de 1930 desapareció y no se encontró de nuevo hasta 1939. Parece haberse establecido en el centro de México y se ha encontrado también en Guatemala en 1948.

La comparación de las razas en el norte y en el centro de México muestra claramente el principio general previamente indicado

(7) Las muestras de Guatemala fueron enviadas por Marco A. Flores y E. F. Darley del Instituto Agropecuario Nacional.

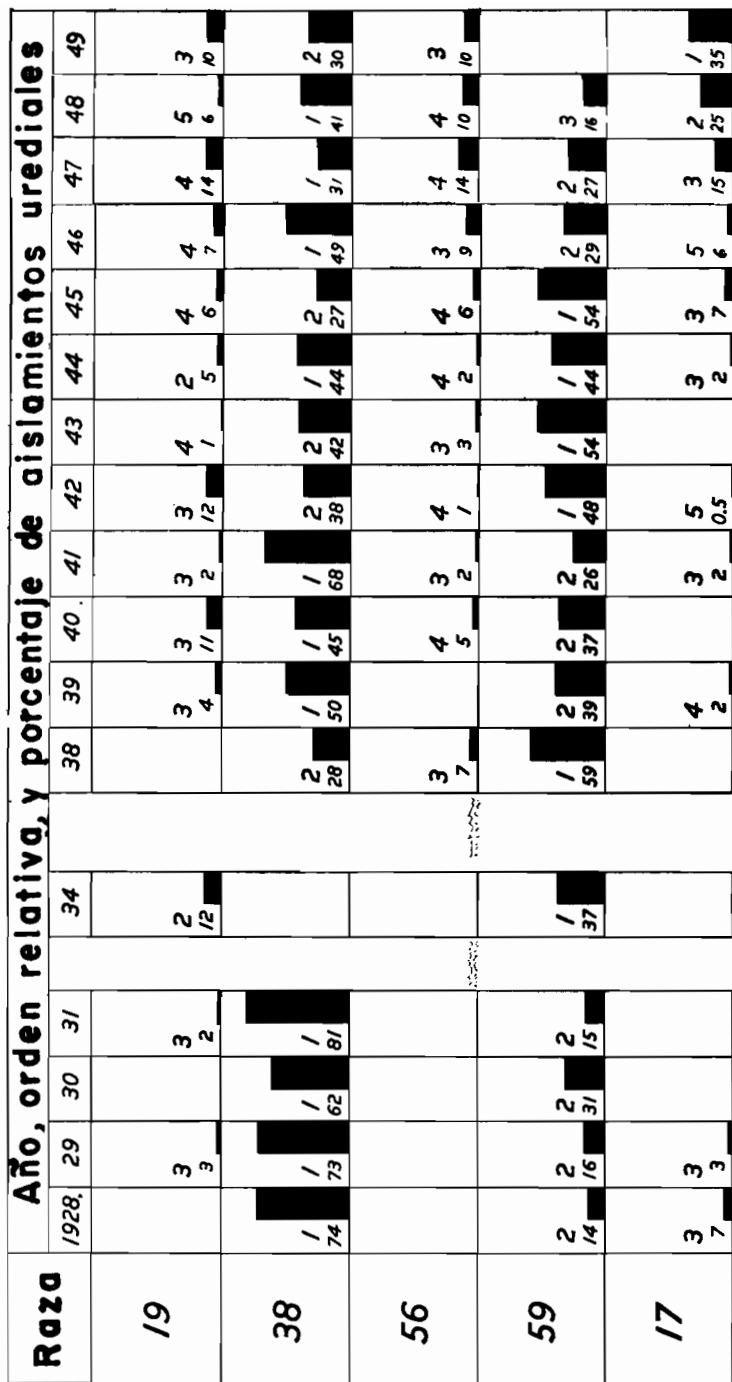


Fig. 2.—Prevalencia relativa de las razas fisiológicas de *Puccinia graminis tritici* en el Sur de México, 1928-1949.

de que las razas que se establecen en algún lugar de las zonas trigueras de la América del Norte pueden establecerse eventualmente en cualquier otro lugar aún cuando ciertas zonas como el centro y el noroeste de México puedan permanecer libres de estas razas durante mayor tiempo que las regiones que no están aisladas en igual forma.

Las zonas productoras de trigo del noroeste de México están separadas por montañas y regiones áridas de las del centro y el norte de México. Sólo se dispone de datos para el noroeste de México desde 1942 a 1949, con excepción de 1944. Sin embargo, puede verse en la Tabla 2 que ha existido una tendencia a la disminución del número de razas en dicha zona, aun cuando los datos no son suficientes para indicar una tendencia definida. En 1942, por ejemplo, se encontraron cuatro razas; en 1943 hubo seis; en 1949 sólo se encontraron tres, de las cuales las razas 17 y 56 juntas ocuparon el noventa y siete por ciento y la raza 38, tan común en otros lugares de México y en los Estados Unidos, no se encontró en lo absoluto. Por lo tanto, parece que el intercambio de inóculo de roya entre las tres zonas trigueras consideradas es más ocasional que regular.

Parece pues, que ha habido una tendencia hacia el aumento de razas fisiológicas importantes en el centro de México y una reducción en el norte y noroeste. Este aumento en el centro de México sólo representa menor difusión de las razas 56 y 17 en dirección al centro de México que en otras direcciones (12). La reducción en el número de razas importantes en el norte y noroeste de México es paralela a las de los Estados Unidos y se debe en gran parte a la extirpación del *Berberis* en la mayor parte de la mitad norte de los Estados Unidos.

**TABLA 2.**

**Predominancia relativa de las razas fisiológicas de *Puccinia graminis tritici* en el Noroeste de México, de 1942 a 1949, inclusive.**

Año	PORCENTAJE DE AISLAMIENTOS TOTALES POR RAZAS <sup>a</sup>								
	17	19	24	36	38	49	56	59	97
1942	33	17	0	0	17	0	33	0	0
1943	17	6	6	6	6	0	56	0	6
1944	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1945	0	0	0	0	15	39	46	0	0
1946	50	0	0	0	0	0	50	0	0
1947	6	0	0	0	0	0	94	0	0
1948	22	0	0	0	0	4	74	0	0
1949	23	0	0	0	0	0	74	3	0

<sup>a</sup>/ Ver nota al pie de la Tabla 1.

Stakman y Loegering (15, 16) han indicado que el número de razas fisiológicas en los Estados Unidos ha disminuido con la extirpación del *Berberis*. Resumiendo aún más, el autor principal escribe lo siguiente (10):

“El resultado más espectacular y probablemente el menos comprendido hasta hace poco, de la extirpación del *Berberis*, ha sido la reducción del número de razas fisiológicas de la roya del tallo del trigo; en consecuencia es más fácil hoy día producir y conservar variedades de resistencia a la roya del tallo que lo hubiera sido en el caso de que no se hubiera extirpado el *Berberis*.”

“Como la fase sexual de la roya del tallo sólo se produce sobre *Berberis* susceptibles, la única probabilidad para la producción de nuevas razas como consecuencia de hibridaciones entre las existentes, está durante la fase de formación de los órganos sexuales de las plantas de *Berberis*. Antes de la campaña de extirpación de éstos, podrían difundirse muchas razas en los Estados Unidos. No obstante, a medida que la campaña ha progresado, el número de razas ha disminuido gradualmente. Durante el período de diez años comprendido entre 1938 y 1947 inclusive, sólo han tenido importancia cuatro razas de roya del tallo del trigo en todos los Estados Unidos (17, 19, 38, y 56). Estas cuatro razas han constituido cada año durante el período citado, más del noventa por ciento de todos los casos de roya del tallo a que estuvieron expuestas las variedades de trigo.”

“Sin embargo, como indicación de la situación que hubiera prevalecido si no se hubieran extirpado las plantas de *Berberis*, son muy significativos los resultados obtenidos cerca de zonas pobladas de estas plantas en Pennsylvania. En 1947 se tomaron muestras de trigo con roya o chahuixtle de una pequeña zona infestada inmediata a las plantas de *Berberis* infectadas. De veinte colecciones viables se obtuvieron veinticinco razas y biotipos, de los cuales cuatro eran nuevas y cinco mucho más virulentas sobre ciertas variedades que las razas comunes en otros lugares del país. Entre estas razas, estaba la raza 11 que es la segunda por sus daños entre las registradas en los Estados Unidos y que en otro tiempo fué muy predominante pero que hoy sólo se encuentra en las intermediaciones de las plantas de *Berberis*.”

“En 1948, de ocho colecciones viables de trigo con roya obtenidas cerca de zonas con *Berberis* en Pennsylvania, se obtuvieron diecinueve razas y biotipos diferentes.”

“Una nueva evidencia del riesgo potencial del *Berberis* como criadero de razas nuevas o virulentas, es el hecho de que en 1948 se encontró la raza 15 cerca del *Berberis* en Pennsylvania, Virginia, Ohio, Michigan e Illinois. La raza 15 y especialmente su biotipo 15B es la raza más virulenta que se ha encontrado en América del Norte. Nunca ha predominado mucho en los Estados Unidos, pero no hay razón para que no se establezca cerca de las plantas de *Berberis* y en una situación favorable pueda ser llevada por las corrientes de aire al norte de México y al sur de Texas, sobrevivir el invierno en la fase uredial, independizarse del *Berberis* y mantenerse como una amenaza continua para los trigos de los Estados

Unidos. Ninguna de las variedades de trigo que resisten hoy a las razas comunes pueden resistir a la raza 15B, especialmente a elevadas temperaturas. Se están realizando trabajos de mejora con el fin de crear variedades resistentes a 15B para evitar que se establezcan y lleguen a predominar en forma importante. Es evidente, sin embargo, que incluso las variedades progenitoras más resistentes son susceptibles a esta raza a alta temperatura."

Parece, por lo tanto, que la situación respecto a las razas fisiológicas de la roya del tallo del trigo ha tendido a simplificarse y a estabilizarse en las principales regiones trigueras de México, los Estados Unidos y las Provincias de las praderas del Canadá, pues el número de razas predominantes es hoy día menor de lo que era hace veinte años. La reducción gradual en el número de razas predominantes se debe principalmente a la extirpación de las plantas de *Berberis* y ha simplificado el problema de la mejora del trigo en toda Norteamérica. Sin embargo, existe siempre la amenaza permanente de que razas virulentas, nuevas o todavía desconocidas puedan difundirse desde las zonas pobladas todavía de *Berberis* y lleguen a establecerse extensamente. El mayor peligro parece estar en la región noreste de los Estados Unidos y posiblemente en las zonas inmediatas del Canadá; como existe todavía un número considerable de *Berberis* en dichas zonas, existe la probabilidad de que se desarrolle el chahuixtle en ellas, produciéndose razas que sean más virulentas que las que generalmente predominan y el riesgo de que sus inóculos se extiendan ampliamente a partir de estas zonas es mayor que el relativo a áreas más aisladas donde existen *Berberis* que también pueden ser atacadas.

En las regiones de Estados Unidos y Canadá productoras de trigo de primavera, se dispone hoy día de variedades de trigo como las Thatcher, Newthatch, Midá, Pilot, Regent y Renown, que se siembran extensamente. La mayor parte de estas variedades deben su resistencia al hecho de que figuran en su ascendencia las variedades Hope y H.44. El programa intensivo que se está desarrollando actualmente en México se basa también en el empleo de estas fuentes de resistencia y se han hecho progresos notables (1, 5, 6).

Se han producido y distribuido en México ocho variedades, y todas tienen resistencia a las razas prevalentes de roya del tallo. Como los genes de resistencia fueron obtenidos de un número de las variedades mencionadas antes y también de Kenya, Timstein, Sorpresa, Frontana, Gabo y otras, estas variedades nuevas tienen resistencia a otras razas también. Aunque algunas variedades, como sus progenitores, son susceptibles a ciertas razas de *Puccinia rubigo-vera tritici* (7), *P. glumarum*, y ciertas otras enfermedades, su comportamiento ha resultado bueno, y están en progreso trabajos para incorporar entre ellas los genes de resistencia de estas enfermedades también. Sin embargo, aún en su condición actual éstas son mucho más superiores de las variedades criollas y están resolviendo el problema de roya del tallo que actualmente existe en México.

En la actualidad el riesgo principal es que puedan producirse sobre las plantas de *Berberis* razas como la 15B (14) y que en condiciones favorables se extiendan sobre toda la América del Norte como ocurrió con la raza 56. A causa de este riesgo, se está intentando la creación de variedades resistentes a la raza 15B que es la más virulenta raza de roya del tallo que se ha encontrado en América del Norte. No obstante, se sabe que algunas variedades como las Red Egyptian, Kenya 58, K117a, Frontana y Timstein pueden resistir a la raza 15B a temperaturas moderadas pero son totalmente susceptibles a temperaturas elevadas (3), como se ha comprobado en experimentos y en la conducta de las parcelas de cultivo inoculadas con esta raza. Por lo tanto, esto hace necesario la creación de variedades con mayor resistencia todavía, especialmente debido a la existencia por lo menos de una raza de roya del tallo —la raza 189— más virulenta todavía que la raza 15B. Afortunadamente esta raza no se ha encontrado nunca en América del Norte, pero se ha registrado su presencia en América del Sur y en China (4, 19). El futuro nos dirá si puede extenderse la citada raza a América del Norte. Los datos disponibles hasta hoy parecen indicar que los genes para la producción de esta raza no existen en América del Norte, pero no puede hacerse en la actualidad una afirmación categórica en este sentido.

Es indudable que los datos disponibles respecto a las razas de chahuixtle del tallo del trigo deben utilizarse prácticamente al tratar de crear variedades resistentes; de lo contrario, podría llegarse a conclusiones falsas en relación con la resistencia. Por ejemplo, antes de 1945 se habrían considerado las variedades y selecciones expuestas únicamente al ataque de las razas 19, 38 y 59 en el centro de México, y aún una variedad tan generalmente susceptible como la Marquis habría sido considerada resistente como realmente lo era en dicha zona. Pero en el norte de México habría sido totalmente susceptible. La localización puede limitarse todavía más; como hemos dicho antes, las variedades producidas en el Valle de Tehuacán se han probado contra la raza 59 únicamente durante varios años mientras que las de la zona inmediata a Atlixco se han probado contra la raza 38 únicamente. Resulta claro, por lo tanto, que es esencial determinar no sólo la magnitud del ataque del chahuixtle sobre la variedad, sino también la clase de chahuixtle de que se trata; es decir, las razas que se encuentran presentes. Naturalmente, como la presencia y predominio de las razas pueden variar de región a región y de estación a estación, debe hacerse una de estas dos cosas: o bien se realizan los trabajos de mejora y comparación en diversos lugares y durante varios años, o se inoculan los campos de estudio con todas las bases importantes y potencialmente importantes. El último procedimiento es mejor y más económico pero tiene el peligro de poder contribuir al establecimiento de razas no predominantes; habría sido impropio, por ejemplo, inocular los campos de estudio del centro de México con las razas 17 y 56 antes de 1945. Siempre existe el riesgo de inocular las variedades en estudio con una raza como la 15B; y sin embargo, sería

casi imposible lograr resistencia contra ella con probabilidades de éxito sin utilizarla en la inoculación. Por tal razón estos trabajos deben realizarse únicamente en los lugares y en las épocas en que el riesgo sea mínimo.

La roya o chahuixtle del tallo del trigo es tan sólo un ejemplo de un problema complejo en el campo de las enfermedades de las plantas que debe comprenderse de un modo completo para lograr algún progreso en la defensa; existen otros muchos análogos. No siempre es fácil producir buenas variedades agronómicas que sean resistentes a todas las razas de un mismo patógeno y es probablemente mucho más difícil combinar todos los caracteres convenientes, incluyendo la resistencia a las numerosas razas de los diversos patógenos destructivos que causan daño a la cosecha, en una sola variedad. En lo que se refiere a la resistencia a las enfermedades, sin embargo, es tan necesario conocer la genética, la ecología y la fisiología de los patógenos destructivos como disponer de datos similares en relación con el huésped. El estudio de la especialización fisiológica debe ser permanente, como lo prueban los principios que muestran los hechos descritos en este trabajo respecto a la roya o chahuixtle del tallo del trigo.

Cuando la resistencia a las enfermedades es considerada como un factor importante en la producción de nuevas variedades, es indispensable sostener campos de estudio sobre dichas enfermedades en los que se experimenten las variedades y los híbridos frente a las razas de los patógenos que causan daños en la actualidad o que pudieran causarlos en el futuro.

## LITERATURA CITADA

1. Borlaug, N. E., J. A. Rupert y J. G. Harrar.—Nuevos trigos para México. Oficina de Estudios Especiales, Sec. de Agricultura y Ganadería, México, D. F., Folleto de Divulgación No. 5. 1949.
2. Craigie, J. H.—Epidemiology of stem rust in Western Canada. *Scientific Agriculture* 25: 285-401. 1945.
3. Darley, Ellis F. and Helen Hart.—Effect of nutrient levels and temperature on the development of *Puccinia graminis tritici*. (Abstr.) *Phytopathology* 34: 998. 1944.
4. García-Rada, G., J. Vallega, W. Q. Loegering and E. C. Stakman.—An unusually virulent race of wheat stem rust, No. 189. *Phytopathology* 32: 720-726. 1942.
5. Harrar, J. G., W. Q. Loegering and E. C. Stakman.—Relation of physiologic races of *Puccinia graminis tritici* to wheat improvement in Southern Mexico. (Abstr.) *Phytopathology* 34: 1002. 1944.
6. Harrar, J. G., W. Q. Loegering and E. C. Stakman.—Recent changes in the stem rust situation in Mexico. (Abstr.) *Phytopathology* 36: 400. 1946.
7. Rodríguez V., José.—Observations on leaf and stripe rust of wheat in Mexico. (Abstr.) *Phytopathology* 36: 410. 1946.
8. Stakman, Elvin Charles.—International problems in plant disease control. *Proceedings of American Philosophical Society* 91: 95-111. 1947.
9. Stakman, E. C.—Plant diseases are shifty enemies. *American Scientist* 35: 321-350. 1947.
10. Stakman, E. C.—Stem rust and barberry eradication. (Abstr.) *Proceedings of 25th Annual Meeting of the Central Plant Board, Milwaukee, Wis., March 22-23, 1949.* 52-54. (Processed).
11. Stakman, E. C. and R. C. Cassell. The increase and importance of race 56 of *Puccinia graminis tritici*. (Abstr.) *Phytopathology* 28: 20. 1948.



12. Stakman, E. C., J. G. Harrar, W. Q. Loegering and N. E. Borlaug.—Recent changes in prevalence of physiologic races of *Puccinia graminis tritici* in South Central Mexico. (Abstr.) *Phytopathology* 39: 23. 1949.
13. Stakman, E. C., M. N. Levine and W. Q. Loegering.—Identification of physiologic races of *Puccinia graminis tritici* (Also published in printed form with the addition of plates, by the Conference for the Prevention of Grain Rust. Minneapolis, Minn.) U. S. Bur. Ent. and Plant Quar. E-617, 26 pp. 1944. (Processed).
14. Stakman, E. C. and W. Q. Loegering.—Biotypes within *Puccinia graminis tritici* Race 15. (Abstr.) *Phytopathology* 32: 12, 1942.
15. Stakman, E. C. and W. Q. Loegering.—Physiologic races of *Puccinia graminis* in the United States in 1943. U. S. Bur. Ent. and Plant Quar., 10 pp. 1945. (Processed).
16. Stakman, E. C. and W. Q. Loegering.—The relation of barberries to physiologic races of *Puccinia graminis* in the United States in recent years. (Abstr.) *Phytopathology* 38: 24. 1948.
17. Stakman, E. C., W. Q. Loegering, R. C. Cassell and Lee Hines.—Population trends of physiologic races of *Puccinia graminis tritici* in the United States for the period 1930 to 1941. *Phytopathology* 33: 884-898. 1943.
18. Stakman, E. C., W. L. Popham and R. C. Cassell.—Observations on stem rust epidemiology in Mexico. *American Journal of Botany* 27: 90-99. 1940.
19. Yin, Sin-Yün.—Notes on physiologic specialization in *Puccinia graminis tritici* Erikss. and Henn. in China. *Phytopathology* 35: 939-940. 1945.

## ENGLISH SUMMARY

The use of disease resistant varieties of crop plants is the ideal method of controlling plant diseases. This technique has been applied very effectively in the control of rusts of small grains but since there are many races of each of the rust fungi continuous research is necessary to develop varieties resistant to them.

Stem rust of wheat can be controlled in some countries by the elimination of the alternate host but this is not the case in Mexico and certain parts of the United States of America. In these areas wild hosts and overwintering urediniospores combine to enable rust to persist from year to year. Spore exchange may take place between Mexico and the United States by means of the wind and severe epidemics may result.

Breeding wheat for rust resistance has been in progress in the United States for over forty years. This, plus the eradication of *Berberis* spp. has served to reduce greatly the annual losses due to stem rust. This same technique is applicable in Mexico where wheat rust races are largely the same as those found in the United States.

Since 1928 annual collections of stem rust material have been made in Mexico. Currently races 17, 38, 56 and 59 are of greatest importance while races 11, 21, 34, 36, and 49 have been decreasing in prevalence. The situation with regard to prevalence of races of rust differs markedly in northern and central Mexico. As might be expected, those races most prevalent in southern United States are largely the same as those which are most common in northern Mexico. However, there is considerable lag in time before these races become established in central Mexico. Therefore, those races of greatest significance in northern Mexico may be distinct from those of greatest importance in central Mexico. Accordingly breeding problems may also be different.

It is known that there are races of stem rust which are extremely virulent but which are not now present in Mexico. It is quite possible that these or other new races may eventually become established here. Therefore, it is important that insofar as possible, breeding programs include projects for breeding against those races of potential future danger. Testing often can not be carried on safely in the countries where these races do not occur. Therefore, new varieties must be carefully tested in several areas to determine their resistance to all races of wheat rust of potential danger. Furthermore, the study of physiologic specialization must be continuous if losses for wheat rusts are to be controlled.

