

HERENCIA DE RESISTENCIA A *Puccinia striiformis* EN TRIGO BAJO CONDICIONES DE CAMPO EN LA MESA CENTRAL DE MEXICO

Cristian Hewstone Martínez,¹ Aristeo Acosta Carreón² y Bill J. Roberts³

Rama de Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

Sinopsis

Para efectuar un estudio sobre la herencia de la resistencia a roya estriada (*Puccinia striiformis*, West.) bajo condiciones de campo, se utilizó parte del material de la siembra normal del programa de trigo sembrado en el Valle de Toluca, en la Mesa Central de México, durante el verano de 1968. Se recurrió a 25 familias F_2 de los progenitores Kalyan 227A, 8156(R) y Siete Cerros, que son líneas hermanas, y de Crespo 63 e INIA 66, a cuyas plantas se les tomaron notas sobre la infección en hojas y en glumas. Tanto para la infección en las hojas como en las glumas se encontró que las relaciones de tipos de infección entre los segregantes eran muy difíciles de explicar, debido seguramente a la interacción entre el complejo de razas y el grupo de genes. Igualmente, en ambos casos se encontraron ejemplos de herencia transgresiva y un probable caso de herencia materna entre las cruza recíprocas de Kalyan 227A \times CIANO "S".

Para las variedades y líneas involucradas la resistencia para el ataque en la hoja depende de la acción de tres genes. La resistencia al ataque en la gluma parece depender de genes diferentes a aquellos que regulan la resistencia al ataque en la hoja, pero parece que ambos grupos de genes no actúan en forma completamente independiente. La mayor parte de las relaciones entre los tipos de infección en la gluma se ajustan a segregaciones producidas por la acción de tres genes, e indican que la resistencia en la gluma depende de genes de carácter recesivo. De acuerdo con los resultados obtenidos en cruza con progenitores comunes también se logró identificar diferencias genotípicas entre las variedades, tanto para la resistencia en las glumas como en las hojas.

El método seguido en el presente estudio puede servir como un medio para obtener información genética dentro de los programas normales de mejoramiento, sin esfuerzo adicional considerable.

Summary

This is a study on the heredity of wheat resistance to the yellow rust (*Puccinia striiformis*, West.) under field conditions. Part of the material of the wheat experimental program at the Toluca Valley in Summer 1968 was used to carry out this study. Twenty five families F_2 from the sib lines Kalyan 227A, 8156R and Siete Cerros were used. The lines Crespo 63 and INIA 66 were used also. Notes of the infection on leaves and glumes of the plants were taken. It was found that the relations of the types of infection on glumes and leaves of segregating plants were difficult to explain, due to the interaction of the races complex and the group of genes. In both cases, examples of transgressive inheritance were found, and a probable case of maternal inheritance among the reciprocal crosses Kalyan 227A \times CIANO "S" was found.

The resistance of varieties and lines, to the attack of the rust on leaves depends on the action of three genes. It seems that the resistance to the attack of the rust to the glumes depends on genes different from those that regulate the resistance to the attack of the rust

¹ Programa de Cereales, Estación Experimental Carillanca. Casilla 59-D. Temuco, Chile.

² Profesor investigador. Rama de Genética, Colegio de Postgraduados, E.N.A., Chapingo, Méx., México.

³ CIMMYT, Londres Núm. 40, México 6, D. F. México.

to the leaves, also, it seems that both groups of genes are not completely independent from each other. Most of the relations among the types of infection on the glume are adjusted to segregations produced by three genes and indicate that the resistance of the glumes to the attack of rust depends on recessive genes. Based on the established relations of mutual progenitors crosses, it was possible to identify genotypical differences among plants of some varieties for the resistance of the glumes as well as of the leaves.

The method followed in this study might serve as a means to obtain genetical information using the conventional breeding programs with little additional work.

Introducción

La roya estriada (*Puccinia striiformis*, West.) es una de las enfermedades más importantes del trigo en áreas de temperaturas relativamente bajas y con bastante humedad, condiciones que se encuentran en varias zonas de Europa, costa del Pacífico de Estados Unidos, sur de Chile y algunas zonas de altitud elevada como en Perú y Colombia. Las condiciones de temperatura y humedad en los Valles Altos de México y, principalmente en Toluca, son óptimas para el desarrollo del hongo durante el ciclo de verano, tanto en lo que se refiere a infección en las hojas como en las glumas, lo que permite un trabajo eficiente de selección dentro del programa de mejoramiento del trigo. El presente trabajo trata sobre un estudio de herencia de la resistencia a esta roya en planta adulta y bajo condiciones de campo, tanto para la infección en la hoja como en la gluma, aprovechando las excelentes condiciones que para un estudio de esta naturaleza se encuentran en este valle.

La falta de información acerca de la composición del complejo de razas importantes en la zona del Valle de Toluca, así como el haber seleccionado dentro del programa a los progenitores más interesantes y sus cruzas segregantes, limitan necesariamente la profundidad de las conclusiones. Sin embargo, el presente tipo de trabajo puede constituir un estudio interesante de realizar dentro de un programa normal de mejoramiento y sus conclusiones pueden ser de utilidad práctica inmediata para los mejoradores que utilicen este material.

Revisión bibliográfica

Lupton y Macer (5), trabajando con siete variedades de trigo y cuatro razas fisiológicas, identificaron 7 alelos en 4 loci, que conferían resistencia en estado de plántula a esta roya. Allan y Purdy (2) estudiaron bajo condiciones de invernadero la herencia de la resistencia de plántula de dos cruzas de trigo a un cultivo monospórico de la colección 61-1 de esta roya y encontraron que en ambos casos la resistencia era controlada por un gen, siendo en uno de los progenitores recesivo y en el otro parcialmente dominante en su expresión. Purdy y Allan (6) encontraron que en general las reacciones al estado de plántula correspondían con las de planta adulta, pero que en ciertas líneas semienanas las reacciones en planta adulta no podían predecirse basándose en las reacciones de plántula. En las cruzas entre variedades susceptibles o moderadamente susceptibles se ha encontrado segregación transgresiva para una mayor resistencia de campo en planta adulta (3).

En un estudio hecho en cruzas dialélicas, Allan (1) estableció relaciones génicas entre 10 variedades europeas de trigos, tanto bajo condiciones de campo como de invernadero, encontrando por lo menos 4, y posiblemente 5 loci involucrados en el control del tipo de infecciones presentado por las 10 variedades, al ataque de la colección 61-1 de la roya estriada. También se ha utilizado el análisis monosómico para localizar los cromosomas portadores de la resistencia, habiéndose identificado en la variedad "Klein Cometa" tres genes para resistencia en los cromosomas 4A, 5A, y 6A (8).

La introducción al genomio de Chinese 166 de la resistencia de *Aegilops comosa* ($2n=14$), mediante recombinación homeóloga, que dio origen a la variedad Compair, constituye una nueva fuente de resistencia contra este patógeno (7). Con respecto a la formación de nuevas razas, recientemente se ha comprobado la presencia de heterocariosis en la soya estriada (4), fenómeno que explica la creación de nuevas razas sin necesidad de la recombinación sexual.

Métodos y materiales

Las observaciones se realizaron durante el mes de septiembre de 1968 en los lotes del Campo Experimental "Doña Rosa", estado de México. Se utilizó parte del material sembrado en el Programa de Mejoramiento del Trigo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y del Programa Mexicano de Mejoramiento del Trigo. De este material se seleccionaron tres líneas hermanas y dos variedades que se consideraron de interés por el uso extenso que de ellas se ha hecho o se está haciendo como progenitoras y por sus características agronómicas. Las tres líneas hermanas son: Siete Cerros 66, Kalyan 227A y 8156(R), provenientes de la crua Pénjamo Sib \times Gabo 55 y con la genealogía II-8156-1M-2R-4M. Las dos variedades son Crespo 63 e INIA 66. Dentro de las poblaciones F_2 del Programa, se seleccionaron para este estudio las cruzas hechas con los progenitores principales antes nombrados, teniendo cuidado de eliminar de entre estas cruzas las que tuvieran progenitores que pudieran estar segregando.

Se tomaron notas individuales por planta del ataque en la hoja y del ataque en la gluma en los progenitores del lote de cruzamientos y en las poblaciones segregantes en F_2 . El ataque en las hojas se clasificó en: inmune (I), resistente (R), moderadamente resistente (MR), moderadamente susceptible (MS), susceptible (S) y "hojas secas" (HS). No se tomaron notas de porcentaje de hoja atacada.

La clasificación de un tipo de infección como "hojas secas" se basa en que en muchas de las líneas segregantes, dado lo avanzado de la temporada o la presencia de otras royas, era difícil clasificar las plantas dentro de los tipos de infección como más susceptibles MS y susceptibles S. Además, es probable que tal característica sea de origen genético, lo que haría que las plantas tengan tal tipo de hoja antes de lo normal, y esto puede encubrir un ataque de *Puccinia striiformis*.

El ataque en la gluma sólo se clasificó en dos tipos: resistente (R) y susceptible (S), clasificándose como resistente a toda planta que no presentara ataque en las glumas y como susceptible a toda planta que lo presentara, sin importar el número

de espigas o de espiguillas infectadas dentro de una espiga. Se determinó el ajuste de las segregaciones encontradas empleando la prueba de X^2 .

Resultados y discusión

A. Observaciones realizadas en los progenitores:

En el Cuadro 1 se muestran los resultados de las notas tomadas en las hojas y en las glumas a los progenitores en el lote de cruzamientos. A la variedad Kalyan 227A se le determinó en otro lote un ataque tipo MS en las hojas, con todas las plantas susceptibles en la gluma. Las variedades HD-832-5-7-0Y y Calidad 22429-10M-14T-1M-0Y que no estaban en el lote de cruzamientos del verano 1968 quedaron sin notas. Llama la atención en el cuadro el hecho de que muchas de las variedades o líneas presenten una gama más o menos amplia de tipos de infección, lo que puede ser efecto de la acción de un complejo de razas y/o puede deberse a que estas variedades hayan sido seleccionadas cuando aún presentaban cierto grado de segregación y esto puede ser eliminado conservando sólo los tipos más deseables. En todo caso esta situación introduce un cierto margen de inseguridad con respecto al resultado de las cruces de estas variedades.

CUADRO 1

Reacción de 19 variedades de trigo a infección natural de *Puccinia striiformis* en Toluca, observada durante el verano de 1968

V A R I E D A D	TIPOS DE INFECCIÓN *					
	I	R	MR	MS	S	HS
Siete cerros				2/2	10/10	
8156 (R)			4/4	7/7	3/3	
Crespo 63		12/-	4/-			
INIA 66					18/-	
Calidad 22429-16M-1Y-4M	3/-	7/-	2/-			
Calidad 22429-11M-1Y-2M-0Y			17/8	3/3		
Calidad 22429-11M-1Y-1M-0Y		2/-	11/-	3/-		
CIANO "S" 19957-18M-1Y-5M-3Y-2Y			22/22			
HD-832-5-5-0Y		22/-	3/-			
INIA					19/17	
Norteño 67				15/15		
Olesen				7/5		
Pénjamo 62					14/14	
Selección Núm. 5				14/-		
Sonalyka				12/12	2/2	
Sonora 64 Sharbati				2/2	14/14	
Th ³ (Fn ² × K58-N)				17/17		
Tobari 66		2/1	17/9			
Y 50 ^E			4/3			

* La primera cifra indica el número de plantas que tuvieron el tipo de infección en la hoja de la columna respectiva. La segunda cifra indica el número de plantas susceptibles al ataque en la gluma, dentro de la clasificación de ataque en la hoja.

B. *Resultado de las observaciones realizadas en las cruzas segregantes de las líneas hermanas 8156(R), Kalyan 227A y Siete Cerros.*

1. *Infección en las hojas:* en los cuadros 2 y 2A se presentan los resultados del ataque en las hojas en las familias F_2 de las cruzas con estas líneas hermanas. La distribución de las plantas según los tipos de infección se ajusta en todos los casos, y bajo una elevada probabilidad, a las relaciones establecidas para la acción de tres genes, presentando sólo en las familias Núm. 10 y 46 niveles de probabilidad aceptables bajo la hipótesis de la acción de dos genes. Llamen la atención en el cuadro las relaciones poco comunes entre los distintos tipos de infección, las que en la mayoría de los casos sólo pueden explicarse mediante el hecho de que están interactuando un complejo de razas con un grupo de genes, ya que cualquier hipótesis que se elabore con respecto al modo de acción de los genes actuantes, está necesariamente limitada a las condiciones bajo las cuales se hizo el estudio.

En las relaciones de tipos de infección obtenidas en las cruzas de 8156(R) con CIANO "S" y Kalyan 227A con CIANO "S", resalta una diferencia aparente en el modo de acción entre los tres genes actuantes, lo que puede indicar diferencias genotípicas entre las dos líneas hermanas. Lo mismo puede decirse del análisis de las cruzas de Kalyan 227A con HD-832-5-5-0Y y Norteño 67, y de las que tiene Siete Cerros con los mismos progenitores. Esta observación parece confirmarse, además, por el estudio de las relaciones de tipos de infección entre las cruzas Núm. 48 (Kalyan 227A \times INIA 67) y Núm. 341 (Siete Cerros \times Norteño 67) que dan un resultado de 11MR:53HS, lo que podría indicar similitud de genotipos entre Norteño 67 e INIA 67, hipótesis que debe rechazarse al examinar las relaciones de tipos de infección en las cruzas de ambos progenitores con Kalyan 227A (Núms. 47 y 48).

Se puede aceptar que existe herencia transgresiva en el caso de la craza Núm. 49 [$Tn^3 + (Fn^2 \times K58-N) = 40$ MS en el lote de cruzamientos], donde aparecen tipos de infección R no presentes entre los padres y, con más razón todavía en el caso de la craza Núm. 39 (Selección Núm. 5 = 60MS en el lote de cruzamientos), por no haberse encontrado en la población de Siete Cerros plantas con tipo de infección MR sino únicamente MS y S, existiendo hasta tipos de infección R entre los segregantes de esta craza. No pueden considerarse como casos de herencia transgresiva los de las cruzas Núms. 47, 341, 48 y 51, pues los tipos de infección presentes en los segregantes pueden estar eventualmente cubiertos por la gama de tipos de infección presente entre sus progenitores.

Resulta muy interesante la observación sobre los resultados de las relaciones de tipos de infección en las cruzas recíprocas de 8156(R) \times CIANO "S" (Núms. 1 y 9) y de Kalyan 227A \times CIANO "S" (Núms. 10 y 46) en las cuales parece haber un efecto de herencia materna, especialmente notable entre estos dos últimos progenitores. Desafortunadamente no hay otras cruzas recíprocas que permitan comprobar si éste es un fenómeno más o menos generalizado o más bien una situación particular producida por uno o ambos de los progenitores involucrados, en los cuales se presente una situación o mecanismo genético distinto.

CUADRO 2
Reacción foliar de las cruces segregantes de las líneas hermanas 8156(R), Kalyan 227A y Siete Cerros al ataque de Puccinia striiformis durante el verano de 1968 en Toluca

Núm. de Fam. F_1	C R U Z A	TIPOS DE INFECCIÓN *							Total de plantas
		I	R	MR	MS	S	HS		
2	8156(R) × Tobarí 66		74	246	208			73	601
1	8156(R) × CIANO "S"		80	186	188		92	34	580
9	CIANO "S" × 8156(R)		38	150	98			170	456
10	CIANO "S" × Kalyan 227A		34	220				239	493
46	Kalyan 227A × CIANO "S"		73	342				151	566
47	Kalyan 227A × Norteño 67			280				406	686
48	Kalyan 227A × INIA 67			141				702	843
49	Kalyan 227A × Tn^3/Fn^2 × K58-N)		85	347				284	716
50	Kalyan 227A × HD-832-5-5-0Y		175	218				257	650
51	Kalyan 227A × Sonalyka			263				494	757
88	Calidad 22429-16M-1Y-4M × Kalyan 227A		214					608	822
52	Kalyan 227A × Calidad 22429-11M-1Y-2M-0Y		55	336				366	757
167	Calidad 22429-11M-1Y-1M-0Y × Siete Cerros		44	191				289	524
341	Siete Cerros × Norteño 67			132				614	746
39	Siete Cerros × Selección Núm. 5		13	442				239	694
339	Siete Cerros × HD-832-5-5-0Y		206	139			79	70	494

* I = inmune; R = resistente; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente susceptible; S = susceptible; HS = hojas secas.

CUADRO 2A

Datos estadísticos y número de genes para las reacciones del Cuadro 2

Núm. de Fam. F_2	R E L A C I O N	X^2	PROBABILIDAD	Núm. de genes
2	4R:13MR:11MS:4HS *	0.1004	0.995-0.990	3
1	9R:21MR:21MS:10S:3HS	1.8835	0.900-0.750	3
9	5R:21MR:14MS:24HS	0.1957	0.990-0.975	3
10	4R:29MR:31HS (1R:7MR:8HS)	0.3812 (0.6441)	0.900-0.750 (0.750-0.500)	3 (2)
46	8R:39MR:17HS (1R:5MR:2HS)	0.0988 (1.0996)	0.975-0.950 (0.750-0.500)	3 (2)
47	13MR:19HS	0.0104	0.990	3
48	11MR:53HS	0.1260	0.750-0.500	3
49	8R:31MR:25HS	0.3028	0.900-0.750	3
50	17R:22MR:25HS	0.2018	0.950-0.900	3
51	11MR:21HS	0.0452	0.990-0.975	3
88	17R:47HS	0.1176	0.750-0.500	3
52	5R:28MR:31HS	0.3610	0.900-0.750	3
167	5R:23MR:36HS	0.3796	0.900-0.750	3
341	11MR:53HS	0.1346	0.750-0.500	3
39	1R:41MR:22HS	0.4449	0.900-0.750	3
339	27R:18MR:10MS:9HS	0.0744	0.995-0.990	3

* R = Resistente.
 MR = Moderadamente resistente.
 S = Susceptible.
 MS = Moderadamente susceptible.
 HS = Hojas secas.

2. *Infección en las glumas*: En los Cuadros 3 y 3A se presentan los resultados de las notas tomadas en las glumas a las familias F_2 de las cruza de las líneas hermanas 8156(R), Kalyan 227A y Siete Cerros. De acuerdo con las relaciones R:S encontradas, el tipo de reacción en las glumas parece depender de genes diferentes a aquellos que gobiernan la reacción en las hojas. Además, la mayor parte de las relaciones encontradas en las diferentes cruza indican que la resistencia en la gluma depende de la acción de genes recesivos, siendo dominantes y aparentemente de acción múltiple los de susceptibilidad. Aun cuando los genes que gobiernan la reacción en las glumas son diferentes de aquellos que gobiernan la reacción en las hojas, hay indicaciones de que su acción no es completamente independiente. En efecto, sin considerar los datos de la cruza Núm. 340, Siete Cerros \times Olesen, para la cual no hay información de ataque en las hojas, el 99.73% de las plantas clasificadas como Hojas Secas, considerando el ataque en las hojas, presentaron ataque en las glumas y, para los tipos restantes de infección en las hojas los porcentajes de plantas con ataque en las glumas son los siguientes: S = 100%, MS = 99.66%, MR = 93.92% y R = 76.63%. Desde el punto de vista del mejoramiento, esto significa que en las generaciones segregantes, a medida que aumenta la susceptibilidad en la hoja, se debe esperar un aumento paralelo de la susceptibilidad en la gluma.

La clasificación del ataque en la gluma sólo en tipos resistentes y susceptibles parece ser insuficiente o muy limitada para estudiar más adecuadamente las rela-

CUADRO 3

Reacción de las cruzas segregantes de las líneas hermanas 8156(R), Kalyan 227A y Siete Cerros al ataque en las glumas de Puccinia striiformis durante el verano de 1968 en Toluca

Núm. de Fam. F_2	C R U Z A	R*	S*	Total de plantas
2	8156 (R) × Tobari 66	45	556	601
1	8156 (R) × CIANO "S"	83	497	580
9	CIANO "S" × 8156 (R)	65	391	456
10	CIANO "S" × Kalyan 227A	142	351	493
46	Kalyan 227A × CIANO "S"	7	559	566
47	Kalyan 227A × Norteño 67		686	686
48	Kalyan 227A × INIA 67	2	841	843
49	Kalyan 227A × $Tn^3(Fn^2 \times K58-N)$	19	697	716
50	Kalyan 227A × HD-832-5-5-0Y		650	650
51	Kalyan 227A × Sonalyka	10	747	757
88	Calidad 22429-16M-1Y-4M × Kalyan 227A	13	809	822
52	Kalyan 227A × Calidad 22429-11M-1Y-2M-0Y	5	752	757
167	Calidad 22429-11M-1Y-1M-0Y × Siete Cerros	25	499	524
341	Siete Cerros × Norteño 67	1	745	746
39	Siete Cerros × Selección N° 5	35	659	694
339	Siete Cerros × HD-832-5-5-0Y	39	455	494
340	Siete Cerros × Olesen	85	380	465

* R = resistente.
S = susceptible.

CUADRO 3A

Número de genes y datos estadísticos para las reacciones del Cuadro 3

Núm. de Fam. F_2	R E L A C I O N	χ^2	PROBABILIDAD	Núm. de genes
2	5R:59S *	0.0880	0.900-0.750	3
1	9R:55S	0.0294	0.900-0.750	3
9	9R:55S	0.0138	0.950-0.900	3
10	9R:23S	0.1121	0.750-0.500	3
46	1R:63S	0.3904	0.750-0.500	3
49	7R:249S	0.0175	0.995-0.990	4
50	(1R:31S)	(0.5255)	(0.500-0.250)	(3)
51	1R:63S	0.2870	0.750-0.500	3
88	1R:63S	0.0019	0.995	3
52	1R:127S	0.1423	0.750-0.500	4
167	3R:61S	0.0081	0.995	3
39	3R:61S	0.1965	0.750-0.500	3
339	5R:59S	0.0046	0.995	3
34	3R:13S	0.0675	0.900-0.750	2

* R = Resistente.
S = Susceptible.

ciones entre ambos tipos de infección, debiendo intentarse establecer una clasificación más amplia. Esto se justifica, pues de la observación de las relaciones encontradas se desprenden algunas situaciones que parecen ser comunes con las de la resistencia en las hojas. En efecto, también para la resistencia al ataque en las glumas parecen existir diferencias genotípicas entre 8156(R) y Kalyan 227A y entre éste y Siete Cerros. También se encuentra lo que puede interpretarse como efecto de herencia materna en las cruzas recíprocas de Kalyan 227A \times CIANO "S", y algunos ejemplos claros de herencia transgresiva como en las cruzas Núms. 1, 9, 10, 46, 49 y 51.

La línea HD-832-5-5-0Y no presentó ataque en las glumas en el lote de cruzamientos, por lo cual para explicar la falta de segregación en la cruzada Núm. 50, se debe suponer que existe un cierto tipo de interacción génica entre sus genes y los de Kalyan 227A, que hace que no se manifiesten tipos resistentes en la F_2 . En cambio la variedad Norteño 67 presentó susceptibilidad en la gluma en todas las plantas del lote de cruzamientos, por lo cual el hecho de que no exista segregación en la cruzada Núm. 47 parece indicar que su genotipo es similar al de Kalyan 227A. Se puede considerar como un caso similar a éste el de la variedad INIA 67, que en el lote de cruzamientos mostró 17, de 19 plantas, con ataque en las glumas y para cuya segregación no se ha encontrado una relación adecuada.

C. Resultado de las observaciones realizadas en las cruzas segregantes de la variedad Crespo 63.

1. *Infección en las hojas*: En los Cuadros 4 y 4A se muestran los resultados de las notas tomadas para infección en las hojas en las familias F_2 de las cruzas con Crespo 63.

Con excepción de la cruzada Núm. 130, Olesen \times Crespo 63, cuya relación entre tipos de infección se ajusta a la segregación obtenida para la acción de dos genes, el resto de las relaciones se ajusta a la segregación para la acción de tres, siendo también difícil de explicar en estas cruzas el modo de acción de los genes actuantes, debido seguramente a la interacción del complejo de razas con el grupo de genes.

Lo más probable es que la línea Y50 $\frac{5}{E}$, al igual que Crespo, tenga una composición genética que incluye genes recesivos y dominantes que dio como resultado que su reacción en el lote de cruzamientos haya sido MR, mientras que al cruzarse con Crespo 63 dio una herencia transgresiva que alcanza hasta el tipo HS.

La relación obtenida en la cruzada Núm. 130, Olesen \times Crespo, corresponde a la acción de dos genes duplicados con dominancia para susceptibilidad, siendo además muy posible la existencia de un tercer gen común a ambos progenitores, que no ha manifestado segregación, pues tanto Crespo como Olesen han mostrado segregaciones correspondientes a la acción de tres genes en otras cruzas.

2. *Infección en las glumas*: En los Cuadros 5 y 5A se presentan los resultados de las notas de ataque en las glumas tomadas a los segregantes de las cruzas con Crespo 63. Nuevamente, las relaciones encontradas difieren de las del ataque en las hojas, variando incluso el número de genes, lo que parece confirmar que ambos tipos de ataque dependen de genes diferentes. También en este caso la proporción de plantas

CUADRO 4

Reacción foliar de las cruces segregantes de Crespo 63 al ataque de Puccinia striiformis durante el verano de 1968 en Toluca

Núm. de Fam. F ₂	C R U Z A	TIPOS DE INFECCIÓN *					Total de planta
		I	R	MR	MS	S	
40	Pénjamo 62 × Crespo 63		82	435		277	794
89	Calidad 22429-10M-14T-1M-0Y × Crespo 63		63	167		625	855
93	Sonora 64 Sharbati × Crespo 63			180		576	756
130	Olesen × Crespo 63		28			436	464
262	Y 50 ⁵ E × Crespo 63		285	61	46	77	469

* I = inmune

R = resistente

MR = moderadamente resistente

MS = moderadamente susceptible

S = susceptible

HS = hojas secas.

CUADRO 4A

Número de genes, relaciones, valores y probabilidades de X^2 para las reacciones del Cuadro 4

Núm. de Fam. F_2	RELACION	X^2	PROBABILIDAD	Núm. de genes
40	7R:35MR:22HS *	0.3319	0.900-0.750	3
89	5R:12MR:47HS	0.5080	0.900-0.750	3
93	15MR:49HS	0.0582	0.975-0.950	3
130	1R:15HS	0.0360	0.990-0.975	2
262	39R:8MR:6MS:11HS	0.3538	0.950	3

* R = resistente
 MR = moderadamente resistente
 S = susceptible
 MS = moderadamente susceptible
 HS = hojas secas.

CUADRO 5

Resultados de la segregación para infección de *Puccinia striiformis* en glumas, de las cruas con Crespo 63 bajo condiciones naturales del Valle de Toluca, durante el verano de 1968

Núm. de Fam. F_2	CRUZA	R*	S*	Total de plantas
40	Pénjamo 62 × Crespo 63	95	699	794
89	Calidad 22429-10M-14T-1M-0Y × Crespo 63	376	479	855
93	Sonora 64 Sharbati × Crespo 63	27	729	756
130	Olesen × Crespo 63	332	132	464
262	Y 50 _E × Crespo 63	379	90	469

* R = resistente.
 S = susceptible.

CUADRO 5A

Datos estadísticos para la segregación mostrada en el Cuadro 5

Núm. de Fam. F_2	RELACION	X^2	PROBABILIDAD	Núm. de genes
40	1R:7S	0.2078	0.750-0.500	2
89	7R:9S	0.0170	0.900-0.750	2
93	9R:247S	0.0069	0.995	4
130	23R:9S	0.0239	0.900-0.750	3
262	13R:3S	0.0594	0.900-0.750	2

con ataque en las glumas aumenta a medida que las plantas van siendo más susceptibles al ataque en las hojas.

Las relaciones encontradas indican la presencia de un número variable de genes, entre 2 y 4, que intervienen en la resistencia al ataque de *Puccinia striiformis* en la gluma. Además, la relación 7R:9S en la cruce Núm. 89, que se puede explicar como un caso de genes complementarios para susceptibilidad, y la relación 13R:3S de la cruce Núm. 262, que se puede explicar como un caso de epistasia, indican un modo complejo de acción en los genes que regulan este tipo de resistencia, lo que dificulta el hacer generalizaciones y sugiere que la herencia de la resistencia a esta roya debe estudiarse en cruces particulares preferentemente.

D. Resultado de las observaciones realizadas en las cruces segregantes de la variedad INIA 66.

1. *Infección en las hojas.* En los Cuadros 6 y 6A se muestran los resultados de las notas tomadas en las familias F_2 de las cruces con INIA 66. Al igual que en los casos anteriores, es difícil explicar las relaciones encontradas. Los progenitores HD-832-5-5-0Y y Calidad 22429-16M-1Y-4M corresponden a los empleados en las cruces Núms. 50 y 88, respectivamente, de las cruces con Kalyan 227A, pero en ambas las relaciones encontradas son diferentes, por lo cual es correcto suponer que hay diferencias genéticas entre INIA 66 y Kalyan 227A. Se puede suponer también la existencia de un gen común entre INIA 66 y HD-832-5-5-0Y debido a que con Kalyan 227A esta línea mostró una segregación correspondiente a un trihíbrido y que INIA 66 en las otras tres cruces muestra también segregaciones correspondientes a la acción de tres genes.

2. *Infección en las glumas.* En los Cuadros 7 y 7A se muestran los resultados de las notas de infección en las glumas tomadas en las familias F_2 de las cruces con INIA 66. Las segregaciones obtenidas en las cruces Núms. 5, 7 y 248 son diferentes a las obtenidas con los mismos progenitores en las cruces Núms. 50 y 88 con Kalyan 227A y Núm. 340 con Siete Cerros, respectivamente, lo cual indica diferencias genotípicas para resistencia en la gluma entre Kalyan 227A y Siete Cerros con INIA 66. Las diferentes relaciones encontradas en las cruces de INIA 66 y Crespo 63 con la variedad Olesen sugieren que existen diferencias genotípicas entre las dos variedades.

Conclusiones

A. Herencia de la resistencia para el ataque en las hojas.

1. La resistencia para el ataque en la hoja bajo condiciones de campo y en la planta adulta depende de la acción de tres genes, para las variedades y líneas involucradas.
2. La mayoría de las relaciones encontradas para los distintos tipos de infección son de muy difícil interpretación, lo que seguramente se debe a la interacción de un complejo de razas con un grupo de genes, y probablemente también a la interacción dentro y en cada uno de estos dos grupos, razas y genes.

CUADRO 6

Reacción foliar de las cruces segregantes de INIA 66 al ataque de *Puccinia striiformis* durante el verano de 1968 en Toluca

Núm. de Fam. F:	C R U Z A	TIPO DE INFECCIÓN *					Total de plantas
		I	R	MR	MS	S	
5	INIA 66 × HD-832-5-5-0Y		49	220	415	48	732
6	INIA 66 × HD-832-5-7-0Y		94	33		496	623
7	INIA 66 × Calidad 22429-16M-1Y-4M	155	111	57	145	108	576
248	Olesen × INIA 66			69		731	800

* I = Inmune.

R = resistente.

MR = moderadamente resistente.

MS = moderadamente susceptible.

S = susceptible.

HS = hojas secas.

CUADRO 6A

Datos estadísticos para las reacciones foliares mostradas en el Cuadro 6

Núm. de Fam. F_2	R E L A C I O N	X^2	PROBABILIDAD	Núm. de genes
5	1R:5MR:9MS:1HS	0.6990	0.900-0.750	2
6	10R:3MR:51HS	0.6088	0.750-0.500	3
7	17I:13R:6MR:16MS:12HS	0.5072	0.975-0.950	3
248	3MR:29HS	0.5296	0.500-0.250	3

CUADRO 7

Resultados de la segregación para la infección de Puccinia striiformis en glumas, de las cruzas con INIA 66 bajo condiciones naturales del Valle de Toluca, durante el verano de 1968

Núm. de Fam. F_2	C R U Z A	R*	S*	Total de plantas
5	INIA 66 × HD-832-5-5-0Y	281	451	732
6	INIA 66 × HD-832-5-7-0Y	371	252	623
7	INIA 66 × Calidad 22429-16M-1Y-4M	576		576
248	Olesen × INIA 66	433	367	800

* R = resistente.
S = susceptible.

CUADRO 7A

Datos estadísticos para la segregación mostrada en el Cuadro 7

Núm. de Fam. F_2	R E L A C I O N	X^2	PROBABILIDAD	Núm. de genes
5	3R:5S	0.2462	0.750-0.500	2
6	19R:13S	0.0079	0.995	3
248	35R:29S	0.1021	0.750	3

AGROCIENCIA

3. De acuerdo con las distintas relaciones fenotípicas encontradas en cruzas con progenitores comunes, se logró determinar 23 diferencias genotípicas entre las variedades empleadas en el estudio.
4. Se encontraron dos casos de herencia transgresiva en los cuales se obtuvieron plantas con mayor grado de resistencia que la presentada por los padres.
5. En las cruzas recíprocas entre 8156(R) y CIANO "S" y entre Kalyan 227A y CIANO "S" se encontró lo que parece un efecto de herencia materna, muy marcado entre estos dos últimos progenitores.
6. Tanto Kalyan 227A y sus líneas hermanas 8156(R) y Siete Cerros, como INIA 66 deben contar en sus genotipos con genes dominantes para susceptibilidad, de tal modo que para lograr una buena proporción de plantas con resistencia aceptable, deben ser cruzadas con variedades de tipo resistente.

B. *Herencia de resistencia para el ataque en las glumas.*

1. La resistencia al ataque en la gluma parece depender de genes diferentes a los que regulan la resistencia al ataque en la hoja, existiendo evidencia, sin embargo, de que ambos grupos de genes no actuaron en forma completamente independiente, ya que se encuentra una mayor proporción de plantas con ataque en la gluma a medida que la infección en la hoja aumenta de grado.
2. Al igual que para el ataque en las hojas, es difícil explicar las relaciones encontradas para los tipos de infección, ajustándose la mayoría de ellas a segregaciones producidas por la acción de tres genes. En la mayor parte de las cruzas, las relaciones indican que la resistencia en la gluma depende de genes de carácter recesivo.
3. En general, se encontró un número mayor de casos de herencia transgresiva que los encontrados para herencia de resistencia en la hoja.
4. Hay un solo caso probable de herencia materna, con diferencias muy marcadas, entre las cruzas recíprocas de Kalyan 227A y CIANO "S".
5. De acuerdo con las diferentes relaciones encontradas en cruzas con progenitores comunes se han podido detectar diferencias genotípicas entre la mayoría de las variedades empleadas, encontrándose también dos casos probables de genotipos similares.
6. En estudios posteriores se debe tratar de aumentar la escala de tipos de infección en la gluma, pues la que se usó parece insuficiente para descubrir relaciones entre el ataque en hojas y en glumas.
7. Las líneas hermanas Kalyan 227A, 8156(R) y Siete Cerros poseen genotipos dominantes para susceptibilidad al ataque en la gluma.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLAN, R. E. *Hoest gene relationships among ten european cultivars that are resistant to collection 61-1 of Puccinia striiformis*. Western Wheat Workers Conference, Logan, Utah. Jun. 12-13, 1968. (Comunicación personal).

2. ————— y L. H. PURDY. *Single gene control of stripe rust resistance in wheat*. Plant Disease Reporter (51): 1041-1043. 1967.
 3. ————— O. A. VOGEL y L. H. PURDY. *Influence of stripe rust upon yields and test weights of closely related lines of wheat*. Crop. Sci. (3): 564-565. 1963.
 4. LITTLE, R. y J. G. MANNERS. *Production of new physiologic races in Puccinia striiformis (yellow rust) by heterokaryosis*. Nature (213): 422. 1967.
 5. LUPTON, F. G. H. y R. C. F. MACER. *Inheritance of resistance to yellow rust (Puccinia glumarum [Schm.] Erikss. and Henn.) in Great Britain*. The Annals of Applied Biology (37): 187-214. 1962.
 6. PURDY, L. H. y R. E. ALLAN. *Seedling and mature-plant reactions of wheat to stripe rust*. Plant Disease Reporter (47): 797-799. 1963.
 7. RILEY, R., V. CHAPMAN y R. JOHNSON. *Introduction of yellow rust resistance of Aegilops comosa into wheat by genetically induced homoeologous recombination*. Nature (217): 383-384. 1968.
 8. SINGH, M. P. y M. S. SWAMINATHAM. *Monosomic analysis in bread wheat. III-Identification of chromosomes carrying genes for resistance to two races of yellow rust in Cometa Klein*. Indian Jour. of Genet. and Plant Breeding (19): 171-175. 1959.
-