



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

**SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO POR SU
RESISTENCIA A ROYA DE LA HOJA Y BUEN
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO**

Tesis que presenta:

MONTERRUBIO CARLOS ADELA

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA



Tuxtepec, Oaxaca

Marzo de 2019



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA
CUENCA DEL PAPALOAPAN



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS-CAMPO
EXPERIMENTAL VALLE DE MÉXICO

**SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO POR SU RESISTENCIA A
ROYA DE LA HOJA Y BUEN COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO**

MONTERRUBIO CARLOS ADELA

No. de control: 14810077

ASESOR INTERNO:

Ing. Vicente Villar Zarate

ASESORA EXTERNA:

Dra. María Florencia Rodríguez García

PERIODO DE REALIZACIÓN:

Julio-Noviembre 2018

SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX. MARZO 2019

El presente proyecto de tesis, de la C. Monterrubio Carlos, Adela, denominado **"SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO POR SU RESISTENCIA A ROYA DE LA HOJA Y BUEN COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO"**, que se desarrolló en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México, fue revisado y aprobado por el:

DIRECTOR INTERNO DE TESIS

Ing. Vicente Villar Zarate



Firma y sello

DIRECTORA EXTERNA DE TESIS

Dra. María Florencia Rodríguez García

Firma y sello

MARZO DEL 2019



Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan

"2019, Año del Condado del Sr. Matías Romero"

San Bartolo, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 14 de Marzo de 2019

ASUNTO: Dictamen de tesis aprobada

ING. ANELMO PRADO LEAL

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS

P R E S E N T E

El comité de revisión de tesis del C. Monterrubio Carlos Adela, asignado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan de San Bartolo, San Juan Bautista, Tuxtepec, Oaxaca, integrado por los C.C. Ing. Vicente Villar Zarate, Ing. Emanuel Pérez López y la Ing. Selene Hernández Mata, habiéndose reunido a fin de evaluar la tesis titulada "Selección de genotipos de trigo por su resistencia a roya de hoja y buen comportamiento agronómico", que se presenta como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agronomía, de acuerdo con las normas de elaboración de tesis de licenciatura y posgrado vigentes en el instituto; dictamino su **AUTORIZACIÓN** para ser presentado en el Examen Profesional correspondiente.

ATENTAMENTE


Ing. Vicente Villar Zarate
DIRECTOR


Ing. Emanuel Pérez López
SECRETARIO


Ing. Selene Hernández Mata
VOCAL



Av. Tecnológico No. 21, San Bartolo Tuxtepec, Oax.
Tel. 01 (271) 8703426, 8704011, e-mail: dir_cpapaloapan@tecnol.mx
www.itecna.mx | www.itecnaepg.edu.mx

El presente proyecto de tesis, de la C. Monterrubio Carlos, Adela, denominado **"SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO POR SU RESISTENCIA A ROYA DE LA HOJA Y BUEN COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO"**, que se desarrolló en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México, fue revisado y aprobado para su impresión por el Honorable jurado integrado por:

PRESIDENTE

ING. VICENTE VILLAR ZARATE



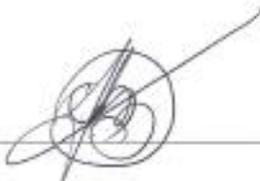
SECRETARIO

ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ



VOCAL

ING. SELENE HERNÁNDEZ MATA



MARZO DEL 2019

AGRADECIMIENTOS

Sin duda, uno de mis mayores logros es haber llegado a una meta que consideraba casi imposible, me gustaría empezar este apartado, por agradecerles a las siguientes personas:

Dios: Mi amigo, confidente, salvador, compañero y un sinfín de adjetivos, gracias por permitirme disfrutar, conocer y aprender, sobre mis capacidades y lo que puedo llegar hacer. En verdad te agradezco por siempre estar ahí cuando más te necesite y me tendiste tu mano, cuando no veía la salida. Siempre seguiré contando con tu apoyo.

Mis amados padres: En verdad no tengo palabras para darle las gracias por lo tanto que me apoyaron en mi trayecto, a mi madre que la adoro y la amo con todo mi corazón por estar en esos días de desvelo, y siempre darme ánimos para seguir adelante, recuerdo su frase: “hija no puedo ayudarte, pero siempre pídele a dios que te de sabiduría y entendimiento”.

Al INIFAP-CEVAMEX por darme la oportunidad de realizar mi residencia profesional, confiar en mis habilidades y sobre todo el aprendizaje y el conocimiento que me llevo, en verdad se los agradezco.

A la Dra. María Florencia Rodríguez García, por el apoyo incondicional que me otorgó, y que siempre estuvo a la disposición de apoyarme y responder las dudas que tenía. Además de demostrar su humildad y sencillez con todos.

Al Ing. Vicente Villar Zarate por su apoyo y disponibilidad. Al igual que mis revisores que hicieron posible este trabajo de investigación.

¿Con que limpiará el joven su camino? Con guardar tu palabra (Salmos 119:9)

DEDICATORIAS

“Ninguno tenga en poco tu juventud, pero sé ejemplo de los fieles en palabra, en conversación, en caridad, en espíritu, en fe, en limpieza”.
(1 Timoteo 4:12)

Comienzo a dedicarles este trabajo a las siguientes e importantes personas, que marcaron mi vida:

Doy inicio contigo mi Dios, por todo lo que me has dado, este es el resultado de las lágrimas, del dolor, del esfuerzo constante, de las ganas de salir adelante, de las dificultades que sabes que he pasado, gracias por siempre estar ahí cuando más te necesité y sé que nunca me abandonarás.

A mis amados padres: **ALFONSO Y MARGARITA**, no tengo palabras para darle las gracias por lo tanto que me apoyaron en mi trayecto, este trabajo se los debo a ustedes, cuando no creían en mí, me dio más fuerzas para luchar y seguir adelante, pero como padres nunca me

abandonaron y me apoyaron hasta el final y este es el resultado de tanto esfuerzo y dedicación. Mi madre que la adoro y la amo con todo mi corazón por estar en esos días de desvelo, y siempre darme ánimos para seguir adelante, recuerdo siempre su frase: “hija no puedo ayudarte, pero siempre pídele a dios que te dé sabiduría y entendimiento”, motivándome y levantándome con una actitud positiva cada día. GRACIAS.

A mis hermanos(as) por apoyarme en lo que pudieron, en especial a mi hermano ISIDRO, que a pesar de muchos problemas, me dio la oportunidad de vivir en su hogar durante 3 años, y al igual que mis hermanos Lorenzo, Adán, Angelina, Yolanda, Joel y Marcos.

CONTENIDO

| | Páginas |
|--|--------------|
| CONTENIDO..... | x |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | xiii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xv |
| AGRADECIMIENTOS..... | vi |
| DEDICATORIAS..... | viii |
| RESUMEN..... | xviii |
| ABSTRACT..... | xx |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Objetivos..... | 3 |
| 1.1.1. Objetivo general..... | 3 |
| 1.1.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.2. Hipótesis..... | 4 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 5 |
| 2.1. Situación actual del cultivo de trigo en México..... | 5 |
| 2.2. Enfermedades del trigo..... | 7 |
| 2.2.1. <i>Zymoseptoria</i> Septoria..... | 8 |
| 2.2.2. Carbón parcial..... | 8 |
| 2.2.3. Roya amarilla causada por <i>Puccinia striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i> .. | 9 |
| 2.2.4. Roya del tallo causada por <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> ... | 9 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3. Roya de la hoja..... | 10 |
| 2.3.1. El patógeno..... | 11 |
| 2.3.2. Ubicación taxonómica de <i>Puccinia triticina</i> E..... | 12 |
| 2.3.3. Signos de <i>Puccinia triticina</i> Eriks..... | 13 |
| 2.3.4. Ciclo biológico de <i>Puccinia triticina</i> Eriks..... | 14 |
| 2.3.5. Importancia de roya de la hoja..... | 16 |
| 2.4. Herencia de la resistencia..... | 16 |
| 2.4.1. Resistencia vertical a raza específica..... | 17 |
| 2.4.2. Resistencia horizontal o raza no específica..... | 18 |
| 2.5. Razas fisiológicas de roya de la hoja en el Valle de México..... | 19 |
| 3. MATERIALES Y METÓDOS..... | 21 |
| 3.1. Materiales..... | 23 |
| 3.2. Métodos..... | 24 |
| 3.2.1. Evaluación de la resistencia en plántula..... | 25 |
| 3.2.1.1. Siembra de los genotipos..... | 25 |
| 3.2.1.2. Incremento del inóculo..... | 26 |
| 3.2.1.3. Inoculación de los genotipos evaluados..... | 27 |
| 3.2.1.4. Toma de datos..... | 27 |
| 3.2.2. Evaluación de la resistencia en campo..... | 28 |
| 3.2.2.1. Diseño experimental..... | 28 |
| 3.2.2.2. Material vegetal..... | 30 |
| 3.2.2.3. Inoculación..... | 30 |
| 3.2.3. Variables en estudio..... | 32 |
| 3.2.3.1. Días a floración..... | 32 |
| 3.2.3.2. Días a madurez fisiológica..... | 32 |
| 3.2.3.3. Altura de planta..... | 33 |
| 3.2.3.4. Rendimiento (kg/ ha)..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.3.5. Severidad de la enfermedad (roya de la hoja)..... | 34 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 35 |
| 4.1. Resultados en estado de plántula..... | 35 |
| 4.2. Resultados en estado de planta adulta..... | 40 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 55 |
| 5.1. Conclusiones..... | 55 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 57 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 59 |
| 7. APÉNDICE..... | 66 |

ÍNDICE DE CUADROS

Páginas

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Clasificación taxonómica..... | 12 |
| Cuadro 2. Principales razas de roya de la hoja identificadas en localidades del Valle de México (Villaseñor, <i>et al.</i> ,2003)..... | 20 |
| Cuadro 3. Materiales utilizados para evaluar los genotipos..... | 24 |
| Cuadro 4. Genealogía de los 50 genotipos que conforman el 21vo. ERTHT, utilizado en el presente estudio..... | 25 |
| Cuadro 5. Respuesta del hospedante y descripciones de las reacciones de infección usadas para evaluar la roya de la hoja en trigo..... | 28 |
| Cuadro 6. Tipo de infección de los genotipos más sobresalientes que integran la línea 21 avo. ERTHT, en estado de plántula..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 7. Número de genotipo (NG), variedad y línea y respuesta a la raza MBJ/SP en invernadero en estado de plántula y en campo en estado de planta adulta, en Chapingo, Edo. de México..... | 38 |
| Cuadro 8. Número de genotipo (NG), variedad y línea y respuesta a la raza BBG/BP-Cam, en invernadero en estado de plántula y en campo en estado de planta adulta, en Santa Lucia, Edo. de México..... | 39 |
| Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables agronómicas, evaluadas en los 50 genotipos..... | 42 |
| Cuadro 10. Prueba de medias para las diferentes variables evaluadas en los 50 genotipos, que integra el 21 avo. ERTHT..... | 45 |
| Cuadro 11. Comparación de medias de Tukey ($p>0.05$), para las variables evaluadas que integran el 21 avo. ERTHT, en Chapingo y Santa Lucía, Edo. de Méx..... | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Páginas

| | |
|--|----|
| Figura 1. Principales estados productores de trigo (FIRA, 2018)..... | 6 |
| Figura 2.A: Primeros síntomas de <i>Puccinia triticina</i> E., B: Urediniosporas, C: Presencia de pustulas y D: Teliosporas, de acuerdo por Roelfs <i>et al.</i> , 1992 | 13 |
| Figura 3. Ciclo biológico de <i>Puccinia triticina</i> E. (Roelfs <i>et al.</i> , 1992)..... | 15 |
| Figura 4. Microlocalización del área de estudio..... | 22 |
| Figura 5. Macrolocalización del área de estudio..... | 23 |
| Figura 6. Escala del 0 al 4 para medir el tipo de infección (Roelfs <i>et</i> <i>al.</i> , 1992)..... | 29 |

| | |
|---|----|
| Figura 7. Escala modificada de Cobb: A, porcentaje real ocupado por uredinios de la roya; B, grados de severidad de la roya de acuerdo con la escala modificada de Cobb, según Peterson, et al., 1948..... | 31 |
| Figura 8. Distribución de la variable dias a floración (DF)..... | 47 |
| Figura 9. Distribución de la variable dias a madurez fisiológica (DM)..... | 48 |
| Figura 10. Distribución de la variable altura de planta en cm (ALT)..... | 49 |
| Figura 11. Distribución de la variable rendimiento en kg/ha (REN)..... | 50 |
| Figura 12. Distribución de la variable respuesta en planta adulta a roya de la hoja en % (RPARH)..... | 52 |
| Figura 13. Genotipos susceptibles en la variable resistencia en planta adulta a roya de la hoja | 52 |

Figura 14. Genotipos resistentes en la variable resistencia en planta adulta a roya de la hoja.....53

Figura 15. Distribución de la variable respuesta en planta adulta a roya de la hoja en % (RPARH), en Chapingo y Santa Lucía, Edo. de Méx.....54

RESUMEN

Con la finalidad de conocer los genotipos resistentes en estado de plántula como en planta adulta y buen comportamiento agronómico, de 50 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.), se hicieron evaluaciones con 6 razas de roya de la hoja (causado por *Puccinia triticina* E.), en estado de plántula. Y con las razas MBJ/SP y BBG/BP-Cam en invernadero y campo, en dos ambientes; Chapingo y Santa Lucía, respectivamente. Se identificaron en plántula, 5 genotipos resistentes a la roya en 5 razas de las 6 inoculadas, las cuales fueron las líneas 10, 35, 45, 47 y 49. En planta adulta, en Chapingo los genotipos 10 y 35 mostraron resistencia; en Santa Lucía los genotipos 1, 11, 16, 18, 22, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 45, 47, 48, y 49 de igual forma. En las dos localidades se evaluaron las variables agronómicas: días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, rendimiento y respuesta en planta adulta a roya de la hoja, empleando el diseño experimental alfa látice con dos repeticiones. Los resultados del análisis estadístico junto con la prueba de comparación de medias Tukey ($p > 0.05$), indican que hubo diferencias altamente significativas en las localidades en la mayoría de las variables,

excepto en altura de planta, las cuales presentaron similitud. Los mejores genotipos resistentes tanto en estado de plántula como en planta adulta y, que además presentaron buen comportamiento agronómico fueron: la línea 35, con la genealogía ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CNBRD/3/CBRD /5/NANA y, la línea 36, con la genealogía ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NTK/CBRD/5/NANA

ABSTRACT

In order to know the resistant genotypes in the seedling stage as well as in the adult plant and good agronomic behavior, 50 wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) were evaluated with 6 races of leaf rust (caused by *Puccinia triticina* E. .), in the seedling stage. And with the breeds MBJ / SP and BBG / BP-Cam in greenhouse and field, in two environments; Chapingo and Santa Lucia, respectively. Five genotypes resistant to rust were identified in 5 strains of the 6 inoculated, which were lines 10, 35, 45, 47 and 49. In adult plants, in Chapingo genotypes 10 and 35 showed resistance; in Santa Lucia genotypes 1, 11, 16, 18, 22, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 45, 47, 48, and 49 in the same way. In the two locations the agronomic variables were evaluated: days to flowering, days to physiological maturity, plant height, yield and response in adult plant to leaf rust, using the experimental alpha lattice design with two replications. The results of the statistical analysis together with the Tukey's mean comparison test ($p > 0.05$), indicate that there were highly significant differences in the localities in most of the variables, except in

height of plant, which presented similarity. The best resistant genotypes both in the seedling stage and in the adult plant, which also showed good agronomic behavior were: line 35, with the genealogy ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CNBRD/3/CBRD /5/NANA and, line 36, with the genealogy ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NTK/CBRD/5/NANA

1. INTRODUCCIÓN

En los Valles Altos de México uno de los principales problemas fitopatológicos más severos que afecta al cultivo de trigo son las royas, siendo estas las que históricamente han causado grandes pérdidas en la producción nacional del trigo (Huerta-Espino y Singh, 2000) En los últimos años son las enfermedades más importantes que afectan el rendimiento del cultivo de trigo en México y el mundo, debido a su amplia distribución. Entre las principales royas se encuentra la roya de la hoja, que ocasiona la reducción del peso del grano y, por ende, en la producción (Huerta-Espino *et al.*, 2011). Las pústulas generan un gran número de esporas, que son transportadas por el viento y originan la propagación de la enfermedad (Kefid, 2010). Por lo cual es de suma importancia contar con variedades y líneas resistentes y/o tolerantes a la gran variabilidad de razas fisiológicas de roya de la hoja que aparecen con más frecuencia en los últimos años (Valenzuela y Barreras, 2008). La postulación de genes ayuda a determinar los genes de resistencia a la roya de la hoja (genes *Lr*) que pueden estar presentes en un gran grupo de germoplasma de trigo (Sebastián *et al.*, 2011). La roya de la hoja

causada por el patógeno *Puccinia triticina* E., es una enfermedad importante del trigo en muchas regiones del mundo (Kolmer, 2018) debido a que no solo tienen la capacidad de vencer la resistencia específica de nuevas variedades, a través de la evolución de las razas fisiológicas con nuevos genes de virulencia, sino porque se reproducen rápidamente y pueden moverse a grandes distancias (Huerta-Espino *et al.*, 2011). La mayoría de las razas actualmente importantes han evolucionado a través de mutaciones en poblaciones existentes o han migrado desde otras áreas, a menudo desconocidas, en la cual demuestran altos niveles de diversidad patógena. La migración y la mutación son frecuentes debido a la aparición de nuevas razas sin conocer su origen (Huerta-Espino *et al.*, 2011). La resistencia del huésped es el método más económico, efectivo y ecológicamente sostenible para controlar esta enfermedad (Sebastián *et al.*, 2011).

Con la finalidad de buscar fuentes de resistencia a las razas fisiológicas de roya de la hoja que año con año vencen la resistencia de variedades de trigo, se evaluaron en plántula y planta adulta la resistencia de las líneas pertenecientes al 21 avo. ERTHT (Veintiunavo Ensayo de Rendimiento de Trigo Harinero de Temporal) ante las principales razas de roya de la hoja (MBJ/SP, MCJ/SP, BBG/BP-Cam, MCJ/QP, MCJ/QM

y BBG/BP), con el objetivo de identificar, al menos, una línea de trigo harinero con resistencia en plántula y planta adulta, y características agronómicas deseables, teniendo en cuenta que las condiciones climáticas son variables de una región a otra y, la severidad con las que actúan las royas por ende, son distintas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Seleccionar líneas de trigo harinero con resistencia a roya de la hoja y buen comportamiento agronómico.

1.1.2. Objetivos específicos

Seleccionar al menos una línea de trigo con resistencia en plántula y planta adulta a roya de la hoja y buen comportamiento agronómico.

Identificar los mejores genotipos en las variables agronómicas evaluadas en los 50 genotipos, en planta adulta.

1.2. Hipótesis

Ha: Al menos un genotipo de trigo harinero tiene resistencia a diversas razas de roya de la hoja que prevalecen en México, además de buen comportamiento agronómico.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación actual del cultivo de trigo en México

Dentro de los cereales, el trigo es uno de los cultivos básicos clave para el abasto agroalimentario mundial, aportando más del 35% de la ingesta en calorías en los países en desarrollo, 74% en los países desarrollados y 41 % a nivel mundial. También contribuye una quinta parte del total de calorías y proteínas diarias. Además de proporcionar su uso como alimento (70%), alrededor del 20% en ganado, mientras que el 2% al 3% es utilizado en el procesamiento industrial (Shiferaw *et al.*, 2013). La participación de Rusia en las importaciones representó en 2014 en México 12% con 458,000 toneladas, y en 2018 las importaciones fueron de 577,791 toneladas, que representa el 22% de participación (Pilar, 2018).

Según FIRA, (2018), las entidades en las que se concentra el 78.8% de la producción de trigo en México son: Sonora, Guanajuato y Baja California; esto, en condiciones de riego en el ciclo Otoño-Invierno, al igual que Michoacán, Jalisco y Chihuahua (Figura 1). Es importante resaltar que en los principales estados productores se utilizan paquetes tecnológicos que incluyen variedades mejoradas de trigo de alto rendimiento, lo que permite obtener una productividad promedio a nivel nacional más alta que el promedio mundial. El crecimiento de la productividad en trigo ha jugado un papel central en el rezago de hambruna en países en desarrollo, la cual ha transformado y beneficiado a consumidores y productores.

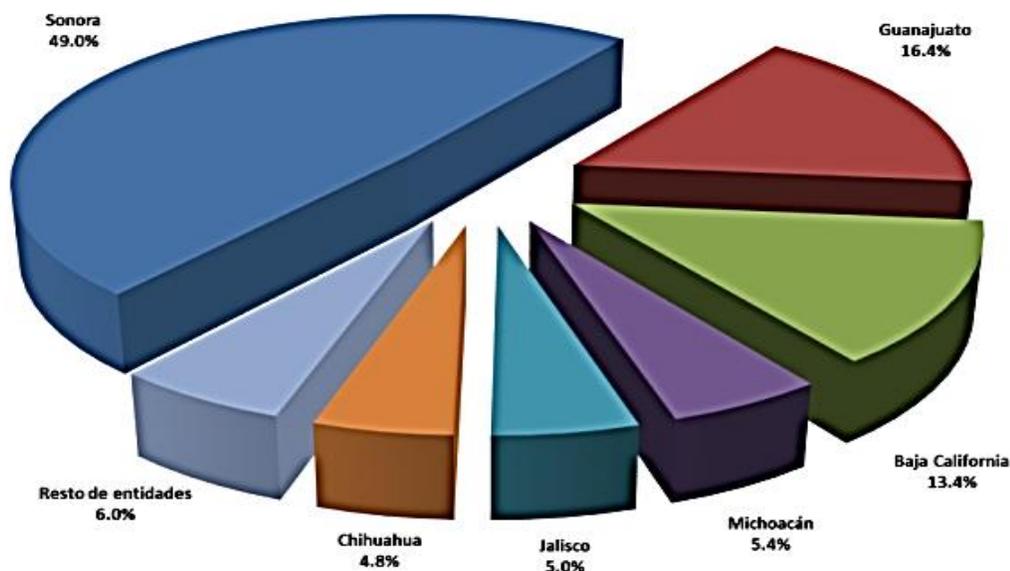


Figura 1. Principales estados productores de trigo en México (FIRA, 2018).

Curtis y Halford, (2014) indican que, la necesidad de una mayor mejora en el potencial de rendimiento del trigo para cumplir con los actuales desafíos inminentes, incluyendo el aumento del consumo como alimento y la demanda de grano para el combustible, es fundamental para el bienestar de la sociedad en el futuro.

El reto para los fitomejoradores es la creación de nuevas variedades de trigo resistentes a los problemas de sequía, alta temperatura e incremento de la concentración de dióxido de carbono que se prevé que se produzca como resultado del cambio climático. El rendimiento del

trigo debe ser aumentado sin comprometer la inocuidad de los alimentos (Curtis y Halford, 2014).

2.2. Enfermedades del trigo

Al igual que otros cultivos de importancia económica, el trigo se ve afectada por enfermedades, las más comunes se describen a continuación.

2.2.1. *Zymoseptoria septoria*

El tizón foliar causado por *Zymoseptoria tritici* en México es propio de ambientes lluviosos entre los que destacan las zonas de Juchitepec en el Estado de México y Nanacamilpa, Tlaxcala (Rodríguez *et al.*, 2010). Los daños en las hojas se manifiestan como unas manchas ovaladas de color pardo rojizo desde los primeros estados de desarrollo del trigo. En el centro de tales manchas se aprecian unos puntos negros que son los picnidios, productores de las formas de propagación del hongo. Los

daños en la espiga se manifiestan por unas manchas rojizas en el ápice de las glumas (Alvarado y Morillo, 1978).

2.2.2. Carbón parcial

Es una enfermedad transmitida por semillas o por el suelo, que infecta durante la floración. El hongo se introduce en el grano recién formado y se desarrolla en el espacio intercelular entre el endospermo y el tegumento. Parte del endospermo es reemplazado por una masa de teliosporas negras y el pericarpio puede estar intacto o desgarrado (Prescott *et al.*, 1996).

2.2.3. Roya amarilla causada por *Puccinia striiformis* f. *sp. tritici*

Puccinia striiformis f. *sp. tritici*, es un patógeno que ataca seriamente al trigo y la cebada. Se incrementa en ambientes con temperaturas más bajas que las óptimas para el desarrollo de las royas del tallo y de la hoja (Zillinsky, 1982). También se le conoce como roya rayada, lineal, estriada

y de las glumas (Roelfs *et al.*, 1992) y puede ser tan destructiva como la del tallo. Presentan una masa de urediniosporas amarillas a anaranjadas que emergen de las pústulas dispuestas en franjas largas y estrechas en las hojas (generalmente entre las venas), vainas foliares, glumas y aristas (Wanquan,*et al.*, 2013).

2.2.4. Roya del tallo causada por *Puccinia graminis* f. *sp. tritici*

Puccinia graminis f. *sp. tritici*, es una enfermedad muy conocida que ataca a los cultivos de cereales y se presentan casi en cualquier parte donde se siembran dichos cultivos. Afecta principalmente a los vasos conductores, disminuyendo el transporte de savia (Zillinsky, 1982). La roya del tallo, es la más tardía y, en latitudes altas , aparece, generalmente, muy tarde, cuando el grano ya está formado, por lo que el ataque es más de temer en los trigos de ciclo muy largo (Alvarado y Morillo, 1984). En 1999, en Uganda, África, se identificó una nueva raza fisiológica de la roya del tallo denominada Ug99 (Vidal, 2009).

2.3. Roya de la hoja

La roya de la hoja, ocasionada por el patógeno *Puccinia triticina* E. es la más común de las royas. Son más importantes donde los rocíos son frecuentes durante las etapas de floración y con temperaturas suaves, 15 a 25°C (ARS, 2017), afectando la asimilación de los nutrientes y perturbando el metabolismo de la planta (Zillinsky, 1982). Las pérdidas de rendimiento de la roya de la hoja se deben principalmente a reducciones en el peso del grano. La aparición de nuevas razas con virulencia depende en gran manera de los genes de resistencia presentes en las variedades que actualmente se siembran en las diferentes áreas trigueras de México (Villaseñor *et al.*, 2003). Se han catalogado varios genes de resistencia a roya de la hoja y se dispone de altos niveles de resistencia a plantas adultas en trigos de alto rendimiento (Huerta-Espino *et al.*, 2011). A través del mejoramiento genético es posible incorporar genes de resistencia en plántula y planta adulta que permitan mantener la resistencia a la roya de la hoja por periodos largos de tiempo (Solís-Moya *et al.*, 2013).

2.3.1. El patógeno

Puccinia triticina E. es un patógeno biótrofo, por lo que necesita de un hospedante vivo para crecer y reproducirse dando comienzo así al desarrollo de la misma (Vanessa, 2017), altamente variable que se encuentra presente en todo el mundo (Kiran *et al.*, 2016). Es un parásito obligado que invade la hoja del huésped y forma estructuras intracelulares llamadas haustorios, que obtienen nutrientes y suprimen la inmunidad del huésped mediante el uso de proteínas secretadas llamadas efectores. Las proteínas efectoras actúan en la frontera entre la planta y el patógeno (Rampitsch *et al.*, 2014).

2.3.2. Ubicación taxonómica de *Puccinia triticina* Eriks

Grageda *et al.*, (2013) presentan la clasificación taxonómica de *Puccinia triticina* como se observa en el Cuadro A.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica.

| Taxón | Nombre |
|--------------|------------------|
| Reino: | Fungi |
| División | Eumycota |
| Subdivisión | Basidiomycotina |
| Clase | Teliomycetos |
| Orden | Uredinales |
| Familia | Pucciniaceae |
| Género | <i>Puccinia</i> |
| Especie | <i>Triticina</i> |

Fuente: Grageda *et al.*, 2013.

2.3.3. Signos de *Puccinia triticina* Eriks

Las pústulas tienen forma circular o ligeramente elíptica, son más pequeñas que las de la roya del tallo, por lo general no se aglutinan y contienen masas de uredosporas cuyo color fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado. Los sitios de infección se encuentran fundamentalmente en el haz de las hojas y vainas y, en ocasiones, en el cuello y aristas (Prescott, *et al.*, 1986). El periodo en que el hongo se establece es ocho días después de la infección, y es cuando se hacen visibles lesiones de color café rojizo o naranja oscuro, si estas lesiones llegan a su madurez, el crecimiento de la colonia rompe la epidermis de la hoja y dejan expuestas las urediniosporas (Huerta-Espino *et al.*, 2014).

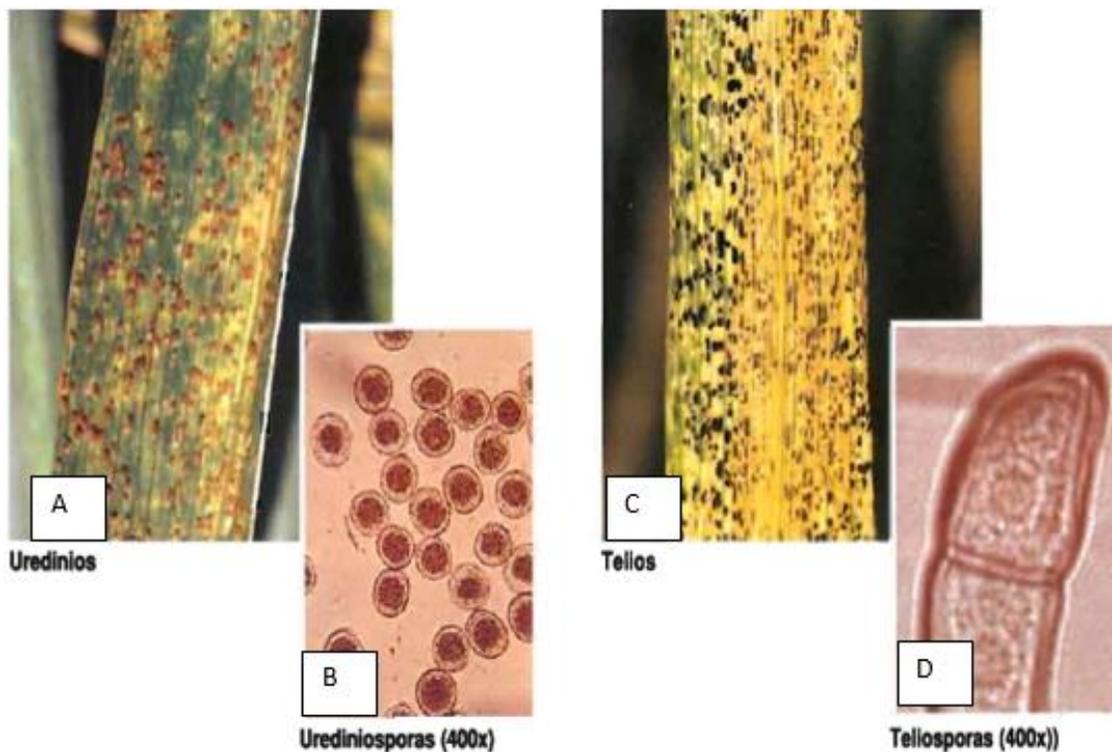


Figura 2. A: primeros síntomas de *Puccinia triticina* E.: B: Urediniosporas; C: Presencia de pústulas y D: Teliosporas, de acuerdo por Roelfs *et al.*, 1992.

2.3.4. Ciclo biológico de *Puccinia triticina* Eriks

Puccinia triticina es un hongo heteroico, y por lo tanto requiere de un hospedero telial/uredinial (generalmente trigo) y un hospedero alternativo (pycnial/aecial) (*Thalictrum speciosissimum* o *Isopyrum fumaroides*) para completar su ciclo de vida. Las urediniosporas pueden

ser diseminadas por el viento e infectar plantas hospedantes a cientos de kilómetros de su planta fuente, lo que puede resultar en epidemias de roya de la hoja de trigo a escala continental (Bolton *et al.*, 2008). En el ciclo de *Puccinia triticina* se forman cinco tipos de esporas: urediosporas, teliosporas y basidiosporas en las plantas de trigo y picniosporas y aeciosporas en las hospederas alternantes. El hongo produce basidiosporas a partir de las teliosporas y estas infectan a la hospedera alternante *Thalictrum* spp. y como resultado se producen las picnias en la parte superior de las hojas. En las picnias aparece un exudado gomoso el cual contiene picniosporas (+) y aeciosporas (-). Los insectos pueden transferir picniosporas (+) a picnias (-) (estado I) y se realiza la unión sexual. (Grageda *et al.*, 2013). Las aeciosporas son diseminadas por el viento e infectan a la planta de trigo, produciéndose posteriormente las uredias (estado II). En estas estructuras se forman las urediosporas las cuales reinfectan al trigo y se encargan de diseminar la enfermedad en el cultivo. Al madurar la planta, las uredias son reemplazadas por las telias (estado III) las cuales aparecen en las hojas y en la paja en el mismo lugar en que estaban las uredias. Las teliosporas son biceluladas y es hibernante, estos después de estar expuestos al frío producen un basidio corto sobre el cual se producen las basidiosporas (ARS, 2017).

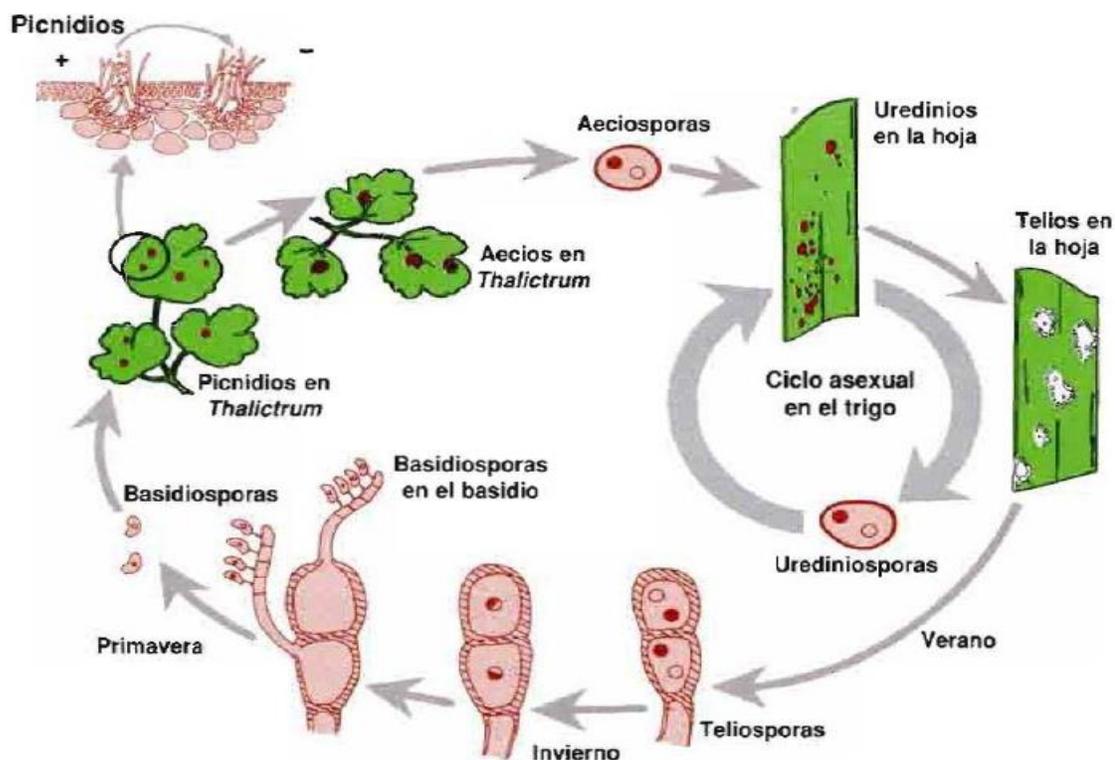


Figura 3. Ciclo biológico de *Puccinia triticina* E. (Roelfs *et al.*, 1992).

2.3.5. Importancia de roya de la hoja

Las royas son las principales enfermedades que limita el rendimiento del trigo, ya que puede causar pérdidas del 20 al 60% (Reyna *et al.*, 2007). En la actualidad, los cultivares de trigo de primavera y trigo cultivado comercialmente presentan una resistencia adecuada, pero los cambios en los patrones de virulencia del patógeno siguen siendo preocupantes. La mayoría de los cultivares de trigo de invierno son actualmente

susceptibles en al menos una parte de la población de patógenos (Saari y Prescott, 1985). La infección temprana puede dar como resultado plantas débiles y un desarrollo deficiente de las raíces (ARS, 2017), y puede provocar una disminución significativa del rendimiento, principalmente al reducir el número de granos por espiga, los pesos helectrolíticos y la calidad de los granos (Prescott *et al.*, 1986).

2.4. Herencia de la resistencia

La resistencia se define como una interferencia y/o reducción del crecimiento o desarrollo del patógeno que es provocada por la planta (Gepp, 2011). Existen diversas alternativas de control para la roya de la hoja, que van desde la elección del cultivar, aplicación de fungicidas antes de la siembra del cultivo, elección de la fecha de siembra (Pereyra, *et al.*, 2005), siendo la resistencia genética el mecanismo más económico y efectivo para controlar la roya de la hoja, es importante conocer el comportamiento de los cultivares a sembrar frente a la roya y de ahí partir para llevar a cabo un buen manejo. Según Vanderplank en 1968 define dos tipos de resistencia:

2.4.1. Resistencia vertical a raza específica

Es de tipo específico para raza específica (resistencia gen por gen), la cual presenta expresión tanto en plántula como en planta adulta (Wolf *et al.*, 2010), conferida por lo general por genes mayores y es monogénica. La resistencia a menudo es muy completa pero sin embargo implica una considerable presión de selección en el patógeno, lo cual hace que nuevas razas del patógeno, que son capaces de superar la resistencia específica, hace necesario desarrollar continuamente variedades con nuevos genes o combinaciones de genes de resistencia. Debido al reducido número de genes participantes y su corta longevidad (Singh y Rajaram, 2002), su acción es muy específico y determina una incompatibilidad entre el hospedero y el patógeno, dando como resultado la ruptura de la resistencia vertical, debido a que los genes de resistencia en este caso, confieren esa característica solo contra una o pocas razas del patógeno y al aparecer una nueva raza o seleccionarse una, con genes de virulencia diferentes, no encuentra barreras para establecerse y alcanzar poblaciones altas. (Rivera, 2007).

2.4.2. Resistencia horizontal o raza no específica

Controlada por genes menores, es poligénica o multigénica. El conjunto de genes participantes rigen diversos procesos fisiológicos en la planta. Esto previene la pérdida de resistencia, ya que el patógeno puede mutar uno o varios de sus genes pero no todos a la vez, razón por la cual la resistencia horizontal es muy duradera. La resistencia horizontal confiere resistencia contra todas las razas de un patógeno determinado, permitiendo niveles de daño muy leves que no amenazan la convivencia del hospedero y el patógeno, lográndose así una menor presión de selección hacia nuevas razas (Rivera, 2007). Las variedades con este tipo de resistencia causan menos alteraciones en las poblaciones patógenas y por consiguiente suelen tener mayor estabilidad (Stubbs, 1986).

2.5. Razas fisiológicas de roya de la hoja en los Valles Altos de México

En 1996 aparece en el Sur de Sonora, la raza MCJ/SP, que se hizo presente en los Valles Altos de México (Huerta-Espino y Singh, 2000). En el mismo año en Oaxaca se detectó por primera vez la raza MBJ/SP, al igual se identificaron en Singuilucan, Hidalgo las razas MCJ/QN,

MBJ/QL y MBJ/QM; MBJ/JM de Apizaco, Tlaxcala; MBJ/GB de Santa Lucía, Edo. de México; todas estas razas se encontraron en frecuencia muy bajas y posiblemente no lleguen a ser dominantes en los Valles Altos de México (Villaseñor *et al.*, 2003). En el Cuadro 2 se presentan las principales razas identificadas en diferentes localidades del Valle de México.

Cuadro 2. Principales razas de roya de la hoja identificadas en localidades del Valle de México.

| Localidad | Razas fisiológicas | Localidad | Razas fisiológicas |
|------------------|--|------------------|--------------------------------------|
| Toluca | TCB/TD MCJ/JP | Tultengo | MBD/QM |
| Singuilucan | MCJ/SP M(B)J/SP MBD/QM MBJ/SP MCJ/QN MCJ/QM MBJ/QM M(B)J/QM | Yanhuitlán | M(B)J/SP MCJ/SP |
| Apizaco | MBJ/QL MBJ/JM | Tamazulapan | MBJ/SP MCJ/SP MCJ/QP |
| Juchitepec | MBJ/SP MCJ/SP | Santa Lucía | MCJ/JP MBJ/GB MCJ/QN MCJ/SP |
| Batán | MCJ/SP | Cuyoaco | MCJ/SP MBJ/SP MBD/QM |

Fuente: Villaseñor *et al.*, 2003:62.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de tesis se realizó durante el periodo de julio a noviembre del 2018, dentro del Programa de Mejoramiento Genético de Trigo de Temporal en el Laboratorio Nacional de Royas y Otras Enfermedades de Cereales (LANAREC), pertenecientes al INIFAP-CEVAMEX, el cual se encuentra en el municipio de San Miguel Coatlinchan, en el Estado de México, se localiza entre las coordenadas latitud: $19^{\circ} 44'88''$, longitud: $-98^{\circ}87'22''$, y a una altitud de 2300 metros sobre el nivel del mar (Nuestro México, 2018).

El campo experimental Chapingo, se encuentra en el municipio de Texcoco, en el Estado de México, se sitúa a $19^{\circ}17'$ de latitud norte y $98^{\circ}53'$ de longitud oeste y se localiza a 2250 msnm, con una precipitación pluvial promedio anual de 645 mm y la temperatura media anual oscila entre 12° a 18°C , con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Arias, *et al.*, 2010).

Según García (1981), en Santa Lucía de Prías. las coordenadas son $19^{\circ}44'$ latitud norte y $98^{\circ}87'$ longitud oeste a 2260 msnm con 636 mm y 16.1°C de lluvia y temperatura media anual, por lo que se clasifica como un clima templado subhúmedo.

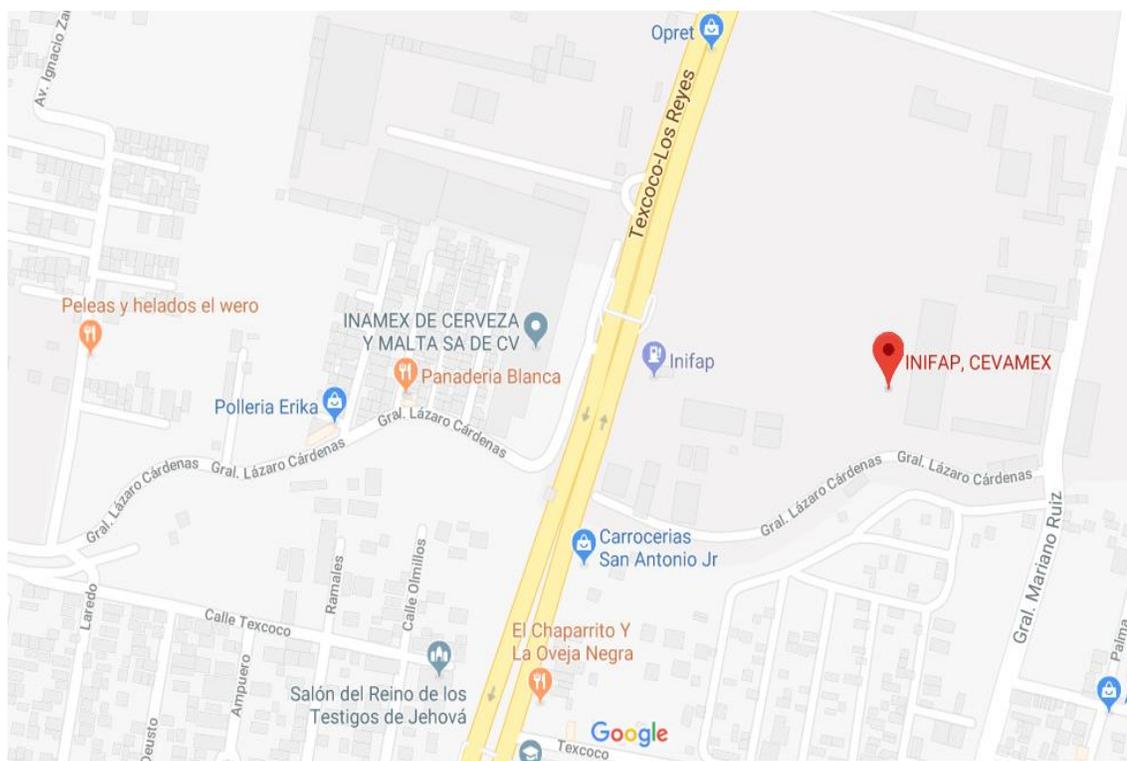


Figura 4. Microlocalización del área de estudio (Google Maps, 2018).

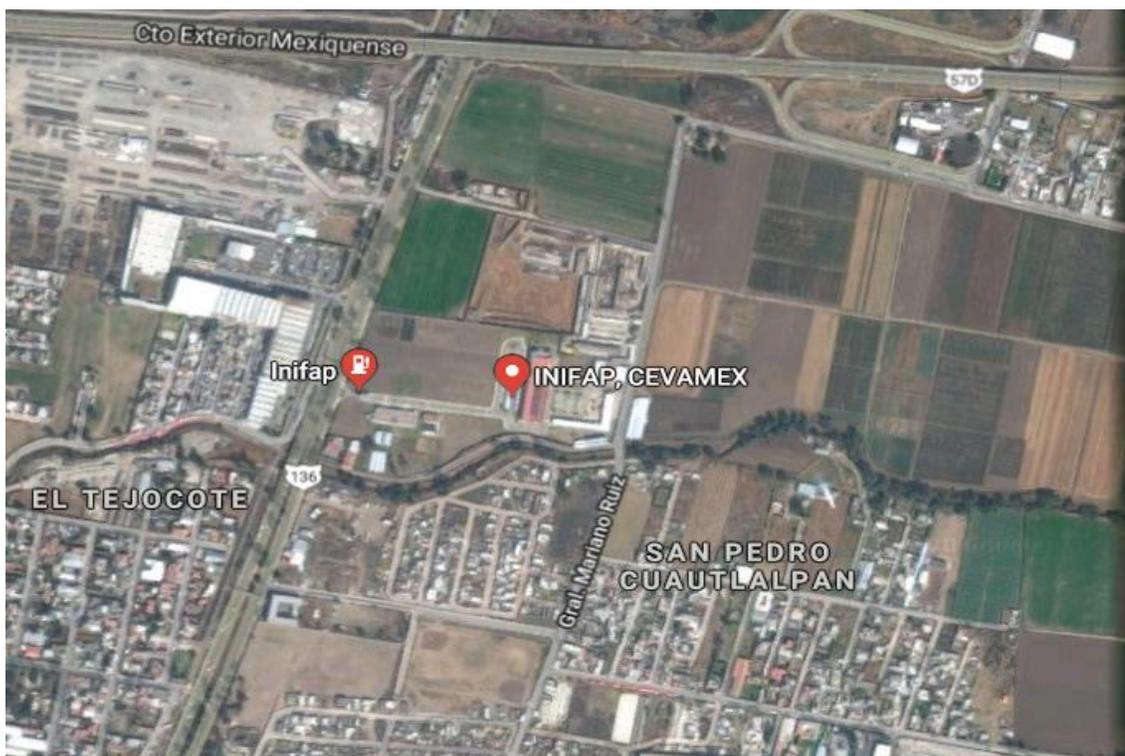


Figura 5. Macrolocalización del área de estudio (Google Maps, 2018).

3.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron para realizar el presente trabajo de investigación, se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Materiales utilizados para evaluar los genotipos.

| Concepto | Materiales |
|---|--|
| Equipo | Compresor de aire eléctrico, balanza analítica, refrigerador doméstico, microscopio compuesto , refrigerador ultra y aspiradora |
| Herramientas | Plancha de acero de 6 columnas y 8 hileras, charolas de plástico 30 x 20 cm, atomizadores y colector de nariz, regaderas, cubetas. |
| Materiales de laboratorio | Cubreobjetos y portaobjetos, vasos de precipitado de , cajas Petri de plástico y vidrio, frascos de vidrio y plástico, matraces y probeta de 100 ml, aceite mineral (Sotrol), alcohol etílico al 70%, capsulas de gelatina, minicolectores y miniatomizadores, bolsas de glassine, vasos de unicel (chicos, medianos y grandes), bata, guantes y Cubrebocas. |
| Materiales de campo | Libreta de campo , lápiz, regla graduada y botas, bolsas de glassine, atomizadores con las razas a inocular. |
| Cámaras de incubación e invernaderos | Cámara de incubación de roya de la hoja, invernadero de roya de la hoja 22°C e invernadero de plantas sanas 20°C a 24°C |
| Productos químicos | *Fertilizante trichel-20 y °Ácido maleico |

***Ingrediente activo:** Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

°**Ingrediente activo:** 1,2-dihidro-3,6-piridazindiona, 3,6-dihidroxipiridazina, 3,6-piridazinediol.

3.2. Métodos

Se evaluaron líneas y variedades que formaron el Veintiunavo Ensayo de Rendimiento de Trigos Harineros de Temporal (21 avo ERTHT), conformado por 50 genotipos, de las cuales las primeras 12, son las variedades testigo cuyas genealogías se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Genealogía de los 50 genotipos que conformaron el 21 avo. ERTHT, utilizado en el presente estudio.

| NG | GENEALOGÍA |
|----|--|
| 1 | GALVEZ M87 |
| 2 | TEMPORALERA M87 |
| 3 | ROMOGA F96 |
| 4 | NAHUATL F2000 |
| 5 | TLAXCALA F2000 |
| 6 | JUCHI F2000 |
| 7 | REBECA F2000 |
| 8 | TRIUNFO F2004 |
| 9 | ALTIPLANO F2007 |
| 10 | NANA F2007 |
| 11 | DON CARLOS M2015 |
| 12 | VALLES F2015 |
| 13 | TEXCOCO F2016 |
| 14 | ZCT/SLM//CHAZ/TEM/4/AGA//PVN/PCI/3/AGA/5/GAV/ROM/6/GAL/CMH78A544/7/GAV/ROM/3/KITE/BOW//MEX/ROM |
| 15 | CANICULA F2016 |
| 16 | MONR/NANA/5/CUL//ZCT/ROM/4/EK.VD2.1028//BUC/FLK/3/CNO79/PRL |
| 17 | PAMDOLY.PABG (C7).44 |
| 18 | URB/MON//NANA |
| 19 | KRON/3/NAH//BAR/MIL/5/ATTLA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD |
| 20 | THELIN/3/BABAX/LR42//BABAX/4/BABAX/LR42//BABAX/5/GAV/TECO.....//KACHU |
| 21 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 |
| 22 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 |
| 23 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 |
| 24 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 |
| 25 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 |
| 26 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 |
| 27 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/.../CROC/AESQ..../KACHU |
| 28 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/FRTL/6/.../KACHU |
| 29 | ATTLA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX |
| 30 | ATTLA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX |
| 31 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTLA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD |
| 32 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTLA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD |
| 33 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTLA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD |
| 34 | KACHU/4/CROC/AESQ(205)//KAUZ/3/SASIA/5/KACHU/6/ROLF*2/YANAC |
| 35 | ATTLA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA |
| 36 | ATTLA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA |
| 37 | ATTLA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA |
| 38 | PAMDOLY-URBINA(C3)-66 |
| 39 | PAMDOLY-URBINA(C3)-73 |
| 40 | ROM/REB//GAL/CMH78A544/4/EK.VD21028//BUC/FLK/3/CNO79/PRL/5/GAV/...ROM/4/TRI |
| 41 | GAV/GAL//ROM/NORM/3/NANA |
| 42 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../CNO79/PRL |
| 43 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../CNO79/PRL |
| 44 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL |
| 45 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL |
| 46 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL |
| 47 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL |
| 48 | SC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL |
| 49 | PAMDOLY-ROELFS-33 |
| 50 | PAMDOLY-ESPIGAS-138 |

Fuente: Inifap-Cevamex, 2018.

3.2.1. Evaluación de la resistencia en plántula.

3.2.1.1. Siembra de los genotipos. Se sembraron los 50 genotipos del 21 avo. ERTHT con dos repeticiones, en charolas de plástico de 30 x 20

cm que contenían suelo con el fin de inocularlas con 6 razas de roya de la hoja (MBJ/SP, MCJ/SP, MCJ/QP, MCJ/QM, BBG/BP-Cam y BBG/BP). De cada genotipo se sembraron 8 semillas en pequeños orificios marcados con la plancha de acero. Cada charola consistió en ocho hileras y seis columnas, lo que dio la capacidad de contener 48 genotipos, en este caso solamente se sembraron 25 genotipos en cada charola, esto con la finalidad de observar mejor la infección.

3.2.1.2. Incremento del inóculo. Para la obtención de suficiente inóculo, se incrementó en 10 charolas con suelo esterilizado por cada raza, sembrando la variedad Morocco, siendo la más susceptible a la roya de la hoja. Emergido el primer cotiledón, se aplicó el herbicida ReagentPlus® (Maleic hydrazide), que suprimió el crecimiento de las plántulas (0.4 gramos por litro) y a los 8 días, se fertilizaron con Tricel-20® (10 gramos por litro de agua). Las razas se inocularon por aspersión de urediniosporas con aceite mineral (Sotrol®) conectado a un compresor de aire eléctrico. Se dejaron secar entre 20 a 40 minutos y se colocaron en una cámara de rocío al 100% y a temperatura de 20 a 22°C por 24 horas alternando 16 horas oscuridad, 8 horas luz. Las plántulas se pasaron al invernadero con una temperatura de 22°C, colocándolas dentro de una jaula para evitar contaminaciones con otras razas. A los

10 días después de la inoculación, se recopiló con el colector de nariz conectado a una aspiradora, se tamizó y se guardó en frascos etiquetados en el refrigerador doméstico.

3.2.1.3. Inoculación de los genotipos evaluados. A los 12 días de edad de los genotipos antes mencionados, fueron inoculados mediante la aspersión de urediniosporas suspendidas en aceite mineral (Sotrol®), conectado a un compresor de aire eléctrico. Una vez inoculadas, las plántulas se colocaron en una cámara de rocío a temperatura de 20 a 22°C por 16 horas sin luz a cuarto cerrado y después se pasaron a un invernadero donde la temperatura oscila entre los 18 a 24°C.

3.2.1.4. Toma de datos. A los 10 días después de la inoculación, se tomó datos del tipo de infección, para lo cual se utilizó la escala de 0 a 4 propuesta por Roefls *et al.*, (1992), descrita en el Cuadro 5 e ilustrado en la Figura 6.

Cuadro 5. Respuesta del hospedante y descripciones de las reacciones de infección usadas para evaluar la roya de la hoja en trigo.

| Respuesta del Hospedante (clase) | Tipo de infección Escala 0 – 4 | Síntomas o signos de la enfermedad |
|----------------------------------|--------------------------------|--|
| Inmune | 0 | Ninguna uredinia presente. |
| Casi immune | ; | No uredinias, pecas cloróticas o necróticas presentes que indican hipersensibilidad. |
| Muy resistente | 1 | Uredinias pequeños rodeados por necrosis. |
| Moderadamente resistente | 2 | Uredinias pequeños o de tamaño mediano a menudo rodeados por clorosis o necrosis; puede haber una isla verde rodeada por un borde clorótico o necrótico. |
| Heterogénea | X | Uredinias de tamaño variable distribuidos al azar en una sola hoja. |
| Moderadamente susceptible | 3 | Uredinias de tamaño mediano que están asociadas con cierta clorosis. |
| Susceptible | 4 | Uredinias grandes sin clorosis. |

En la escala: **0**, **;**, **1**, **2** y **x** son resistentes, **3** y **4** son susceptibles, modificada de Roelfs *et al.*, 1992.

3.2.2. Evaluación de la resistencia en campo.

3.2.2.1. Diseño experimental. Los genotipos fueron sembrados en dos ambientes: Chapingo y Santa Lucía, en los periodos primavera- verano 2018, bajo condiciones de temporal. Se empleó el diseño experimental

Alfa látice, conformado de 10 sub-bloques con 5 parcelas. La parcela de cada genotipo fue de 4 surcos de 3 metros con 2 repeticiones.



Figura 6. Escala del 0 al 4 para medir el tipo de infección (Roelfs *et al.*, 1992).

El modelo individual que explica el comportamiento de cualquier genotipo en los diferentes ambientes para un diseño en látice de acuerdo con Martínez, 1998, es:

- Modelo lineal individual:

$$y_{ilp} = \mu + r_p + \beta_{l(p)} + T_i + \varepsilon_{ilp}$$

Dónde:

y_{ilp} = valor del genotipo i en el bloque l en la repetición p .

μ = media general de todas las observaciones.

r_p = efecto de la repetición p .

$\beta_{l(p)}$ = efecto del bloque l dentro de la repetición p .

τ_i = efecto del i -ésimo genotipo.

ε_{ilp} = error experimental.

Los análisis estadísticos fueron realizados en el software estadístico SAS (Statistical Analysis System), versión 9.3.

3.2.2.2. Material vegetal. Las semillas de la línea 21 avo. ERTHT, integrada por 12 variedades testigo, fueron sembradas a chorro continuo en las parcelas, distribuidas en surcos de 3 metros. Los genotipos fueron aleatorizados por cada repetición.

3.2.2.3. Inoculación. En Chapingo se inoculó la raza MBJ/SP y la raza BBG/BP-Cam en Santa Lucia. Mediante un atomizador casero de 1 litro, a una concentración de 1×10^{-6} urediniosporas/ml, se les agregó aceite

mineral (Sotrol®) hasta la medida requerida. Se agitó para que quedará disuelto por completo con el aceite, hasta obtener un color rojizo. Para posteriormente en campo, se asperjó a las plantas rápidamente, observando que a todas les tocara. A los 20 días de haber sido inoculado, se tomó el tipo de infección en planta adulta, la estimación de la enfermedad se realizó con la escala modificado de Cobb (Peterson *et al.*, 1948) lo cual determinó el porcentaje del tejido que fue afectado por la roya (Figura 7).

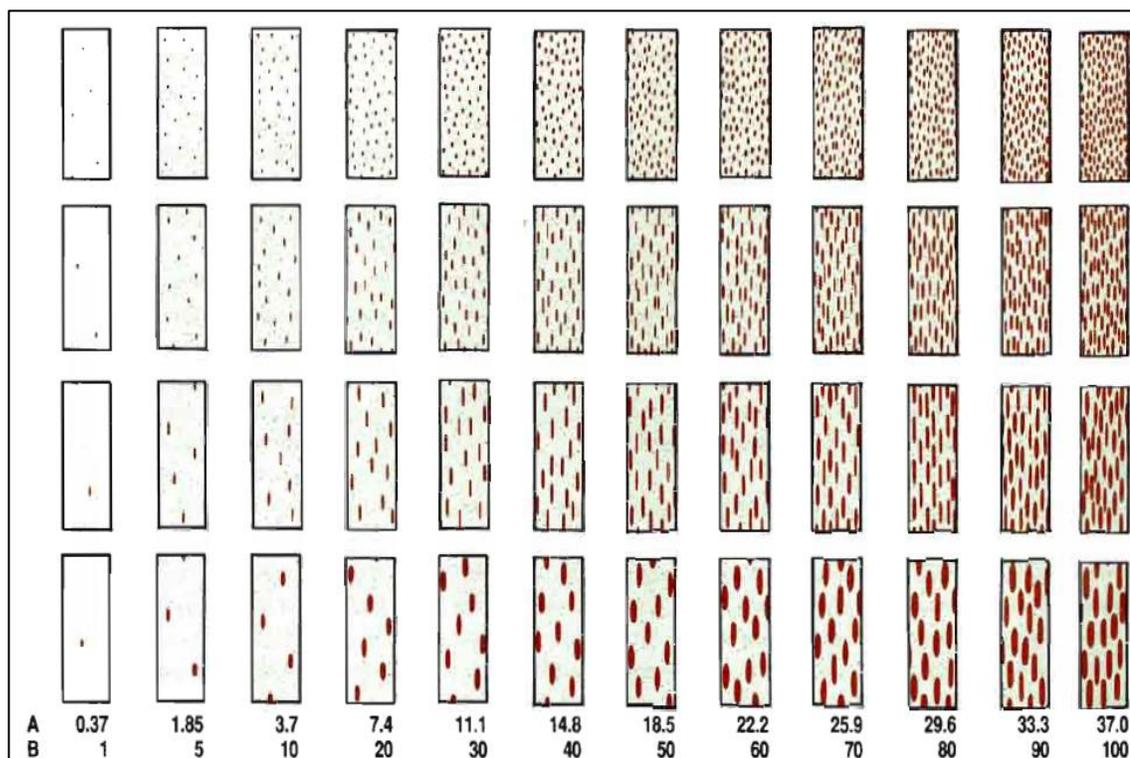


Figura 7. Escala modificada de Cobb: A, porcentaje real ocupado por uredinios de la roya; B, grados de severidad de la roya de acuerdo con la escala modificada de Cobb, según Peterson *et al.*, 1948.

3.2.3. Variables en estudio

3.2.3.1. Días a floración. Se dice que la planta de trigo está espigando, cuando aparece a través de la vaina de la hoja bandera u hoja superior, denominando a esta etapa, desembuchado de la espiga o estado de bota. Una vez que la espiga está completamente expresada en el extremo del tallo, se considera finalizada la etapa de espigadura. Para obtener los datos de esta variable, se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta la antesis completa. De forma visual se fue checando y registrando en la libreta de campo, en cada parcela de ambos lados los días en los que se encontraba la siembra en esos momentos y cuando le faltaba para espigar por completo.

3.2.3.2. Días a madurez fisiológica. El trigo llega a su madurez, cuando la planta cambia su color verde a blanquecino o amarillento. La madurez empieza por el cuello de la planta y a medida que avanza, los nutrientes van en dirección a la espiga, para almacenarse en el grano. La toma de notas de días a madurez fisiológica comenzó a contar a partir del primer día de siembra.

Mediante una observación visual de ambos lados de la parcela se fue anotando en la libreta de campo los días a los cuales la planta llega a su madurez fisiológica, para completar su ciclo.

3.2.3.3. Altura de planta. Se evaluaron los 50 genotipos, en la variable altura de planta, en centímetros con una regla graduada, colocada desde la base de la planta y diferenciada la distancia hasta el final del pedúnculo floral.

3.2.3.4. Rendimiento (kg/ha). La cosecha fue de forma manual, con una humedad de 13%. El rendimiento final, fue obtenido del número de espigas por metro cuadrado por granos por espiga y por peso unitario de grano. El peso unitario de grano se calculó del peso de mil granos .y estimada para una hectárea.

3.2.3.5. Severidad final de la enfermedad (roya de la hoja). Para determinar la resistencia (%) de roya de la hoja en planta adulta se tomó como referencia la escala modificado de Cobb (Peterson *et al.*, 1948). Mediante una observación visual en ambas partes de la parcela, se fueron anotando los grados de infección que presentaron los 50 genotipos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados en estado de plántula

Los resultados obtenidos indican la comparación de las seis razas inoculadas con las líneas del Ventiuavo Ensayo de Rendimiento de Trigo Harinero de Temporal (21 avo. ERTHT). En el Cuadro 6 se muestra los genotipos que presentaron mayor grado de resistencia y cuales mayor susceptibilidad en estado de plántula.

Algunas líneas presentaron mayor grado de resistencia, como es el caso de la raza BBG/BP-*Cam*, puesto que afecta mas a trigos duros que a trigos harineros (Delgado, *et al.*, 2016), donde el 66% de las líneas fueron resistentes mientras que solo el 34% presentaron susceptibilidad. Por otra parte la raza fisiológica MBJ/SP presentó el 84% de virulencia en los genotipos evaluados, dando como resultado plantas en la mayoría susceptibles, solo el 16% fueron resistentes (Apéndice: Figura A15).

En lo que respecta a las razas MCJ/SP con un 18% de plantas resistentes y el resto susceptibles, donde se encuentran las variedades testigo, misma similitud que presentó Huerta- Espino *et al.*, 2002 con las variedades Temporalera M87, Romoga F96, y Galvez M87, mientras que la raza MCJ/QP con 40% de plantas resistentes y el 60% susceptibles, la raza MCJ/QM, por otra parte solo el 2% de plantas resistentes y por último, la raza BBG/BP, el 56% fueron plantas resistentes y el resto susceptibles (Apéndice: Figura A15).

La variedad 2 (Temporalera M87) fue muy susceptible en estado de plántula, misma similitud que presentó Delgado *et al.*, (2016) al evaluar esta variedad con otra línea de ensayo de trigos harineros. En general las líneas y/o variedades que tuvieron mayor resistencia a 5 razas de las 6 evaluadas en estado de plántula, fueron la variedad 10, las líneas 35, 45, 47 y 49, mientras que las líneas de mayor susceptibilidad en las 6 razas fueron los genotipos 4, 24, 29, 30 y 44. El resto de los genotipos presentaron variabilidad en las reacciones de infección.

Cuadro 6. Tipo de infección de los genotipos más sobresalientes que integran la línea 21 avo. ERTHT, en estado de plántula.

| Razas fisiológicas de roya de la hoja | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|-------|
| NG | MBJ/SP BBG/BP | MCJ/SP | BBG/BP-Cam | MCJ/QP | MCJ/QM | |
| 4 | 4(S) | 3(S) | 3(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) |
| 10 | 2+(R) | 2+(R) | 2(R) | 2(R) | 3(S) | 2(S) |
| 24 | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) |
| 29 | 4(S) | 4(S) | 3(S) | 4(S) | 4(S) | 3(S) |
| 30 | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) |
| 35 | 2(R) | 2+(R) | 1(R) | 2(R) | 4(S) | 2(S) |
| 44 | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 3(S) |
| 45 | 2+(R) | 1+(R) | ; (R) | 1+(R) | 4(S) | ; (R) |
| 47 | 2+(R) | 1+(R) | ; (R) | 2(R) | 3+(S) | ; (R) |
| 49 | ; (R) | 1(R) | ; (R) | 1(R) | 4(S) | 1(R) |

(En la escala de Roelfs, *et al.*, 1992: **0,, 1, 2** y x son resistentes, **3 y 4** son susceptibles)

R: Resistente **S**: Susceptible

En los Cuadros 7 y 8, se muestran los datos de las razas inoculadas en Chapingo y Santa Lucía en el Estado de México, de los genotipos que integran el Veintiunavo Ensayo de Rendimiento de Trigo Harinero de Temporal (21 avo. ERTHT). Los resultados obtenidos indican que la raza MBJ/SP en Chapingo mostró un nivel de resistencia en planta adulta bajo condiciones de campo del 24%. Mientras que la raza BBG/BP-Cam en Santa Lucía, el 56% de plantas resistentes y el resto susceptible (Apéndice: Figura A16 y A17).

Cuadro 7. Número de genotipo (NG), variedad/línea y respuesta a la raza MBJ/SP en invernadero en estado de plántula y en campo en estado de planta adulta, en Chapingo, Edo. de Méx.

| Ng | VARIEDAD/LÍNEA | Plántula MBJ/SP | Planta adulta MBJ/SP |
|-----------|---|--------------------------------|----------------------------|
| 2 | TEMPORALERA M87 | 3(S) | 30MS |
| 7 | REBECA F2000 | 4(S) | 30MS |
| 8 | TRIUNFO F2004 | 4(S) | 30MS |
| 10 | NANA F2007 | 2+(R) | 0 |
| 12 | VALLES F2015 | 3(S) | 30MS |
| 29 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBLL1*2/4/BABAX/LR42//BABA X/3/BABAX/LR42//BABAX | 4(S) | 40S |
| 30 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBLL1*2/4/BABAX/LR42//BABA X/3/BABAX/LR42//BABAX | 4(S) | 40S |
| 34 | KACHU/4/CROC/AESQ(205)//KAUZ/3/SASIA/5/KACHU/6/ROLF* 2/YANAC | 3(S) | 30MS |
| 35 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA GAV/GAL//ROM/NORM/3/NANA | 2(R) | 0 |
| 41 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZC T/ROM/4/.../CNO79/PRL | 4(S) | 40MS |
| 42 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZC T/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 3(S) | 30MS |
| 43 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZC T/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 4(S) | 30MS |
| ■ | Línea resistente. | MR: Moderadamente resistente | |
| ■ | Línea susceptible. | MS: Moderadamente susceptible. | |

Los genotipos resistentes tanto en estado de plántula y planta adulta con la raza MBJ/SP, fueron los genotipos 10 y 35. Y con la raza BBG/BP-Cam, los genotipos 1,11, 16, 18, 22, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 45, 46, 47, 48 y 49 fueron resistentes. Las variedades testigos muestran

un grado mayor de susceptibilidad en la raza MBJ/SP, caso contrario con la BBG/BP-Cam en la cual fueron muy resistentes.

Cuadro 8. Número de genotipo (NG), variedad/línea y respuesta a la raza BBG/BP-Cam en invernadero en estado de plántula y en campo en estado de planta adulta, en Santa Lucía, Edo. de Méx.

| Ng | VARIEDAD/LÍNEA | Plántula | Plántula |
|----|---|------------|------------|
| | | BBG/BP-Cam | BBG/BP-Cam |
| 1 | GALVEZ M87 | ; (R) | 0 |
| 11 | DON CARLOS M2015 | 1 (R) | 0 |
| 16 | MONR/NANA/5/CUL//ZCT/ROM/4/EK.VD2.1028//BUC/FLK/3/CNO79/PRL | ; (R) | 0 |
| 18 | URB/MON//NANA | 1 (R) | 0 |
| 22 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 | ; (R) | 0 |
| 27 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/.../CROC/AESQ..../KACHU | ; (R) | 0 |
| 28 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/FRTL/6/.../KACHU | ; (R) | 0 |
| 29 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBLL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX | 3 (S) | 60S |
| 30 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBLL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX | 4 (S) | 60S |
| 31 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 2 (R) | 0 |
| 32 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 1 (R) | 0 |
| 33 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 2+(R) | 0 |
| 34 | KACHU/4/CROC/AESQ(205)//KAUZ/3/SASIA/5/KACHU/6/ROLF*2/YANAC | 1 (R) | 0 |
| 35 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | 1 (R) | 0 |
| 37 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | 2 (R) | 0 |
| 38 | PAMDOLY-URBINA(C3)-66 | 2 (R) | 0 |
| 45 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | ; (R) | 0 |
| 46 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PR | ; (R) | 0 |
| 47 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | ; (R) | 0 |
| 48 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | ; (R) | 0 |
| 49 | PAMDOLY-ROELFS-33 | ; (R) | 0 |

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------|
| ■ | Línea resistente. | MR: Moderadamente resistente | S: Susceptible |
| ■ | Línea susceptible. | MS: Moderadamente susceptible | R: Resistente |

4.2. Resultados en estado de planta adulta

Se realizó el análisis de varianza derivado de los resultados obtenidos del diseño alfa-látice, con un nivel de significancia del 0.05 y la prueba de comparación de medias de Tukey, correspondientes a las variables evaluadas.

En el Cuadro 9 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas. Se observaron diferencias altamente significativas entre localidades para la mayoría de ellas, es decir, el comportamiento de cada genotipo fue diferente en cada localidad, lo que indica que se acepta la hipótesis alterna.

Caso contrario a lo presentado en la variable altura de planta, el cual está influenciado principalmente por el ambiente. Apumayta, (2013), mostró resultados diferentes a esta variable, se observó diferencia significativa en los genotipos evaluados en las líneas avanzadas de trigo. Los promedios varían de 80.50 hasta 97.76 cm. Mientras que este trabajo, los promedios oscilan entre los 68.250 hasta el 93.500 cm.

En la fuente de variación genotipos fueron altamente significativas en la mayoría de las variables, como en días a floración, a comparación de Juárez (2011), en la cual no presenta diferencias significativas en los genotipos. En lo que respecta a la interacción localidad por genotipo, hubo diferencias altamente significativas en días a floración, días a madurez fisiológica y significativa en altura de planta y resistencia en planta adulta a roya de la hoja.

En el variable rendimiento no mostró diferencias significativas, por lo cual en este caso se acepta la hipótesis nula, al igual que Ramírez (2004), no se encontró significancia estadística, entre genotipos.

Los coeficientes de variación son adecuados para ensayos conducidos bajo condiciones de temporal. El coeficiente de variación para la variable respuesta en planta adulta a roya de la hoja fue de 49.14%, es considerado alto, el cual indica que, dentro de cada genotipo, la respuesta de infección a roya de la hoja fue muy heterogéneo.

Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables agronómicas, evaluadas en los 50 genotipos.

| F.V. | GL | DF | DM | ALT | REND | RPARH |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|---------------|--------------|
| Loc | 1 | 305.045** | 637.24** | 0.00 NS | 94744313.53** | 2353.65** |
| Rep (Loc) | 2 | 13.5 | 2.45 | 249.86 | 1156515.68 | 79.95 |
| Subq(| 36 | 21.67 | 26.33 | 82.22 | 436863.51 | 29.34 |
| Loc*Rep) | 49 | 52.55** | 52.03** | 102.34** | 426313* | 480.82** |
| Genot | 49 | 9.1** | 7.25** | 31.42* | 339821.18 NS | 102.00* |
| Loc*Genot | 62 | 3.07 | 2.52 | 15.79 | 252826.1 | 47.09 |
| Error | 195 | | | | | |
| Total | | | | | | |
| Media | | 62.75 | 113.32 | 82.52 | 3225.66 | 13.96 |
| C.V. | | 2.79 | 1.4 | 4.81 | 15.58 | 49.14 |

F.V.= Fuente de Variación; GL= Grados de Libertad; C.V.= Coeficiente de Variación; DF= Días a Floración; DM= Días a Madurez fisiológica; ALT= Altura de planta; REND= Rendimiento 0(kg/ha); RPARH= Respuesta en Planta Adulta a Roya de la Hoja (%). **= Altamente significativo; *= Significativo; NS= No significativo.

En el Cuadro 10 se muestra la prueba de significación de los promedios de las variables agronómicas de forma individual, en la cual se observa lo siguiente:

- En la variable rendimiento, se muestra que el genotipo 36 con 3984.8 kg/ha⁻¹, ocupa el primer lugar y este es diferente con el resto de

los genotipos, mientras que los genotipos 10 y 4 no muestran diferencia significativa entre ellas, pero si con los demás, presentando 2415.5 kg/ha⁻¹ y 2282.8 kg/ha⁻¹ respectivamente.

- La variable días a floración, se observa que, el genotipo 39 fue la más precoz necesitando 71 días para completar la antesis completa en comparación con las demás líneas de trigo harinero.

- La prueba de comparación de medias de los promedios de días a madurez fisiológica, se aprecia que, el genotipo 39 ocupa el primer lugar con 120 días, lo cual indica que fue la más tardía en madurar fisiológicamente en comparación con los demás genotipos, siendo el genotipo 10 con menos días requeridas (104).

- La variable altura de planta, se observa que los genotipos 9 y 36, no muestran significación estadística entre ellas, pero si muestran significación en el resto de los genotipos. Los promedios de la altura de planta varían desde 68.25 hasta 93.5 cm.

- Para la variable respuesta en planta adulta a roya de la hoja, se muestra que el genotipo 2 ocupa el primer lugar con 57.5% de severidad,

el cual se observa significación estadística con el resto de los demás; siendo los mejores genotipos 36, 49 y 22 con 1% de infección.

En el Cuadro 11, se muestra la prueba de significación de medias de los genotipos que integran la línea 21 avo. ERTHT en ambos campos experimentales. En el variable rendimiento, Santa Lucía presentó mayor rendimiento que Chapingo; la respuesta en planta adulta a roya de la hoja en Santa Lucía fue más severa la infección. La variable días a floración en Chapingo, fue más largo el ciclo de floración y en Santa Lucía el ciclo fue más corto.

Los días a madurez fisiológica, como se observa, se requiere más días en Chapingo y en Santa Lucía son menores los días requeridas para su maduración. En la variable agronómica altura de planta, se muestra que las dos localidades presentan la misma similitud, esto se complementa con lo mencionado anteriormente (Cuadro 10), que no existe diferencia significativa entre localidades. Por lo tanto, ambas localidades presentan una altura de planta homogénea.

Cuadro 10. Prueba de medias para las diferentes variables evaluadas de los 50 genotipos, que integran el 21 avo. ERTHT.

DMS= Diferencia Mínima Significativa

DF= Días de floración

hoja

REND= Rendimiento de grano en (kg/ [ha] ^(-1))

RPARH= Resistencia en planta adulta a roya de la

| Ng | REND Media kg/ha-1 | DF Media (Días) | DM Media (Días) | ALT Media (cm) | RPARH Media (%) |
|------------|--|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 36 | 3985 a | 67ebd | 117ebd | 93a | 1i |
| 37 | 3772ba | 63ejl | 115ebd | 93ba | 6gih |
| 29 | 3766ba | 64ejl | 113ekj | 91bda | 40bac |
| 30 | 3766ba | 63jli | 113ekj | 86ebd | 48ba |
| 42 | 3668ba | 62qoj | 114ekj | 88ebd | 23fge |
| 28 | 3663ba | 66ejb | 115ebd | 80ejl | 3ih |
| 33 | 3620ba | 69bda | 118ebd | 85ebi | 2ih |
| 17 | 3615ba | 58qon | 106qp | 69l | 4ih |
| 11 | 3568ba | 58qon | 106qp | 80ejl | 10fge |
| 34 | 3566ba | 58qon | 110nkm | 87ebd | 10fge |
| 49 | 3558ba | 69bac | 117ebd | 90ebd | 1i |
| 27 | 3496ba | 68ebd | 118bda | 79ejl | 3ih |
| 45 | 3485ba | 65eji | 118ebd | 83ebi | 15fge |
| 19 | 3481ba | 62qoj | 113kji | 84ebi | 18fge |
| 46 | 3477ba | 65eji | 117ebd | 86ebd | 10fge |
| 47 | 3464ba | 65ejl | 115ebd | 85ebi | 15fge |
| 32 | 3456ba | 67ebd | 117ebd | 87ebd | 4ih |
| 23 | 3448ba | 66ejb | 117ebd | 80ejl | 4ih |
| 21 | 3440ba | 66ebd | 117ebd | 83ebi | 3ih |
| 50 | 3424ba | 63ojl | 114ekj | 87ebd | 4ih |
| 20 | 3419ba | 67ebd | 117ebd | 81ejb | 8fgi |
| 22 | 3347ba | 63jli | 118bac | 84ebi | 1i |
| 43 | 3326ba | 63ojl | 112kjm | 85ebi | 28fbe |
| 48 | 3308ba | 66ebi | 117ebd | 86ebd | 14fge |
| 25 | 3276ba | 64ejl | 117ebd | 84ebi | 4ih |
| 16 | 3208ba | 57sr | 109nmp | 78ejl | 8fgi |
| 14 | 3196ba | 54s | 108nqm | 76jli | 10fge |
| 31 | 3196ba | 67ebd | 117ebd | 84ebi | 17fge |
| 41 | 3123ba | 61qol | 110nkj | 81eji | 20fge |
| 15 | 3122ba | 57qs | 107nqp | 70jlk | 17fge |
| 35 | 3122ba | 68ebd | 116ebd | 92bac | 2ih |
| 8 | 3102ba | 62qol | 113ekj | 80ejl | 14fge |
| 38 | 3055ba | 71ba | 119ba | 88ebd | 3ih |
| 1 | 3027ba | 57s | 111nkj | 80ejl | 22fge |
| 44 | 3001ba | 61qoj | 110nkj | 85ebi | 3ih |
| 2 | 2992ba | 61qol | 117ebd | 82ejb | 58a |
| 24 | 2991ba | 66ejb | 118ebd | 77jli | 2ih |
| 39 | 2989ba | 71a | 120a | 85ebi | 9fgi |
| 13 | 2925ba | 61qoj | 115ebj | 84ebi | 28fbe |
| 7 | 2895ba | 69bda | 119bac | 88ebd | 18fge |
| 26 | 2882ba | 63jli | 113ekj | 84ebi | 11fge |
| 40 | 2881ba | 59qon | 109nmp | 77jli | 25fge |
| 18 | 2872ba | 60qol | 108nmp | 80ejl | 13fge |
| 12 | 2854ba | 62qoj | 110nkj | 85ebi | 28fbe |
| 6 | 2842ba | 58qs | 114ekj | 80ejl | 21fge |
| 5 | 2804ba | 58qos | 110nkm | 79ejl | 15fge |
| 3 | 2734ba | 63ojl | 111nkj | 74jli | 17fge |
| 9 | 2727ba | 64ejl | 115ebd | 94a | 7gih |
| 10 | 2416b | 60qol | 104q | 76jli | 31bed |
| 4 | 2283b | 58qos | 107nqm | 69lk | 35bdc |
| DMS | 1520.3 | 5.21 | 4.72 | 11.82 | 20.57 |

DM= Días a madurez fisiológica.

Cuadro 11. Comparación de medias de Tukey ($p>0.05$), para las variables evaluadas, que integran el 21 avo. ERTHT, en Chapingo y Santa Lucía, Edo. de Méx.

| Localidades | Genotipos | REN | RPARH | DF | DM | ALT |
|--------------------|------------------|------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| Chapingo | 100 | 2513.6 b | 10.46 b | 63.96 a | 115.11 a | 82.52 a |
| Santa Lucía | 100 | 3909.2 a | 17.39 a | 61.99 b | 111.54 b | 82.52 a |

Nivel de significancia= 0.05; REND= Rendimiento (kg/ha); RPARH= Respuesta en planta adulta a roya de la hoja (%); DF= Días a floración (%); DM= Días a madurez fisiológica (días); ALT: Altura de planta (cm).

En la Figura 8, el comportamiento de los promedios de la variable días a floración en Chapingo y Santa Lucía, refleja como el ciclo es más largo en Chapingo a comparación en Santa Lucía, y complementa lo dicho anteriormente (Cuadro 11), debido a las variables ambientales, que alargan los periodos fenológicos y consecuentemente retardan los procesos fisiológicos (Félix *et al.*, 2009).

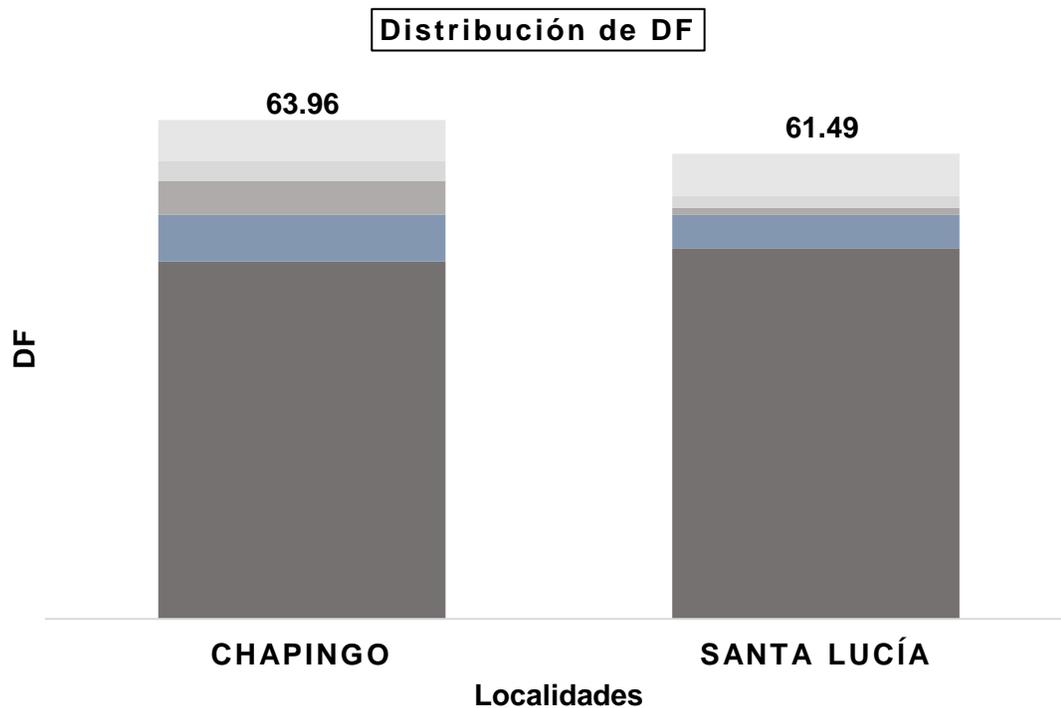


Figura 8. Distribución de la variable días a floración (DF).

Los días a madurez fisiológica (DM), es una etapa del ciclo fenológico del cultivo del trigo que está relacionada con diferentes condiciones edafo-climáticas que presentó cada localidad. En este caso podemos decir, de acuerdo con los promedios de ambas localidades (Figura 9), que Chapingo necesitó más días para su madurez fisiológica (lechoso, masa blanda, masa dura), caso contrario con Santa Lucía, que requirió menos días.

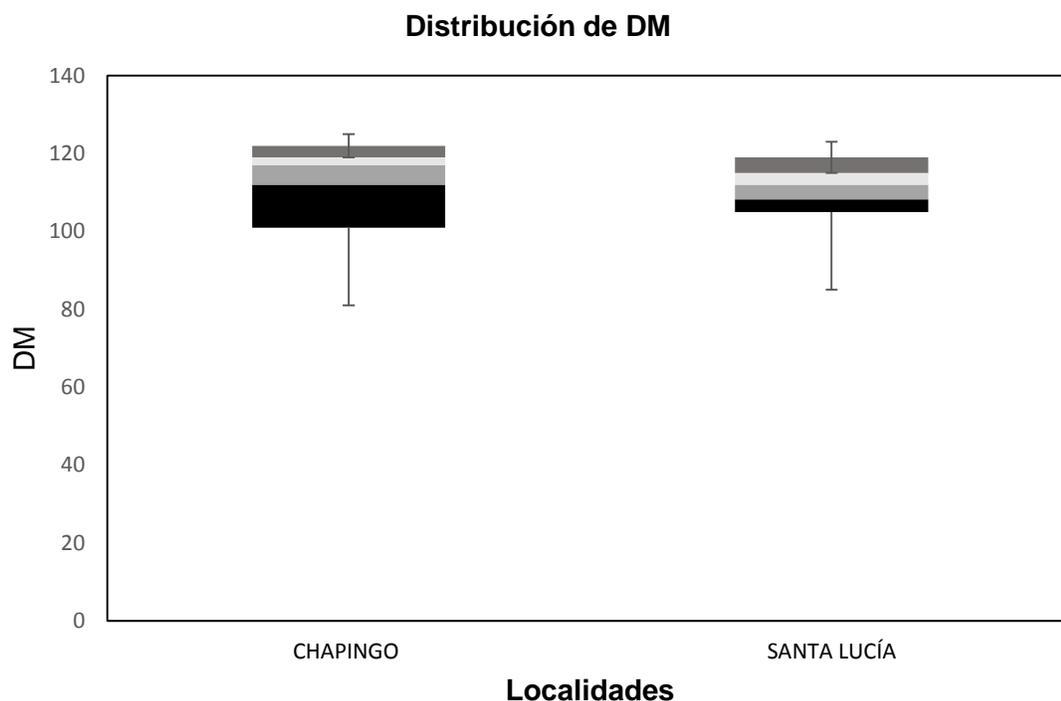


Figura 9. Distribución de la variable días a madurez fisiológica (DM).

El comportamiento de altura de planta en la línea 21 avo. ERTHT, influenciada principalmente por el ambiente, son estadísticamente iguales en las pruebas de significación de medias ($p > 0.05$), pero en la fuente de variación genotipos, las líneas 9 y 36 no presentaron diferencias significativas pero sí con los demás genotipos. En la Figura 10 se aprecia el comportamiento de los promedios de los genotipos en ambos campos experimentales.

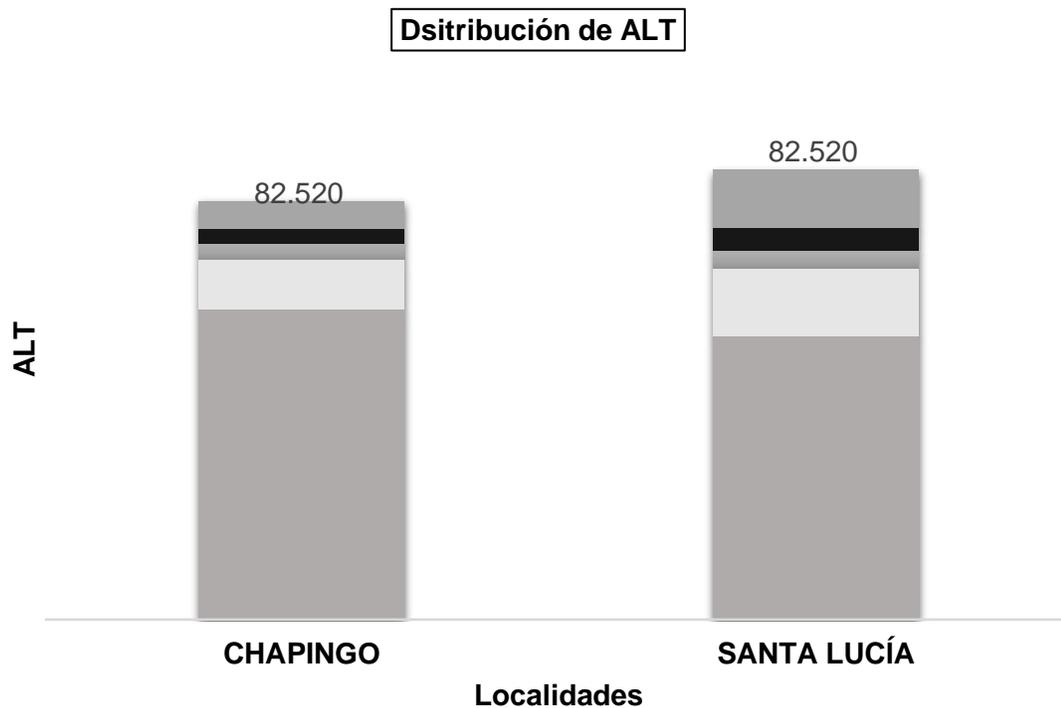


Figura 10. Distribución de la variable altura de planta en cm (ALT).

El rendimiento, como se aprecia en la Figura 11 y corrobora lo anterior (Cuadro 11), el comportamiento de los promedios indican que Santa Lucía es superior a Chapingo, mostrando un rendimiento de 3909.2 kg/ha.

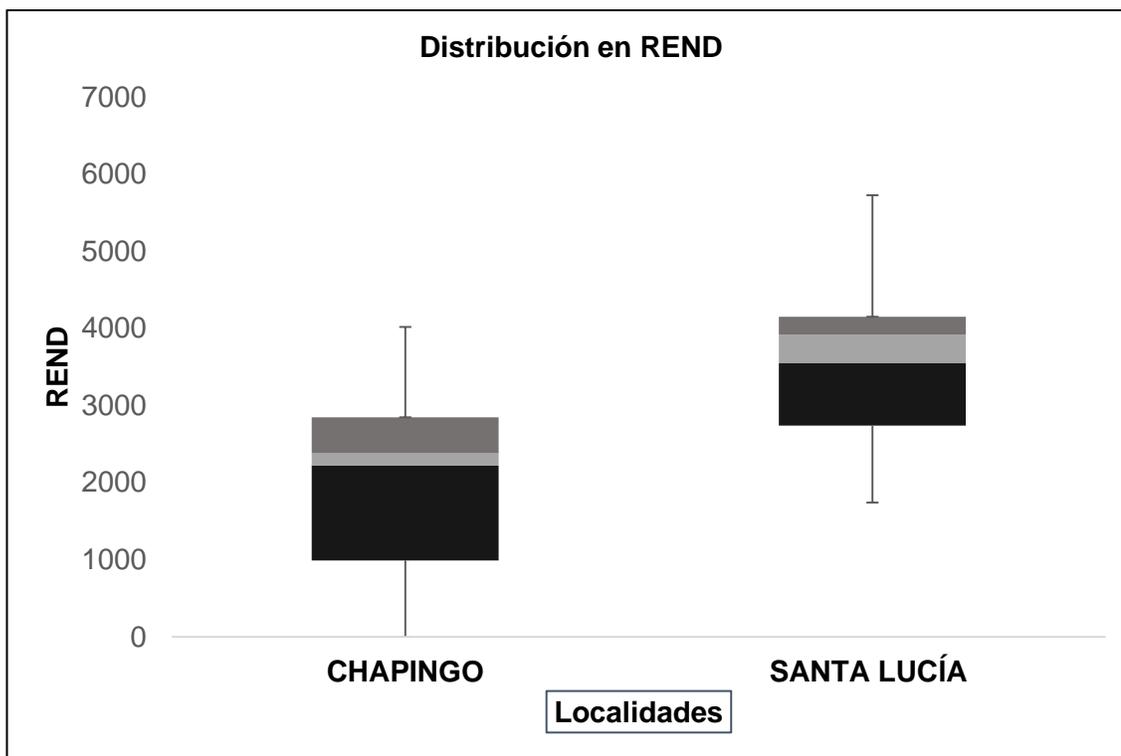


Figura 11. Distribución de la variable rendimiento en kg/ha-1 (REN).

Las plagas y enfermedades son poblaciones que se desplazan muy rapido de un lugar a otro, tal es el caso de la roya de la hoja, como se denota en la Figura 12, la respuesta en planta adulta a roya de la hoja fue mas significativa en las localidades, es decir, la severidad de la infeccion fue mas notoria en Santa Lucía que en Chapingo.

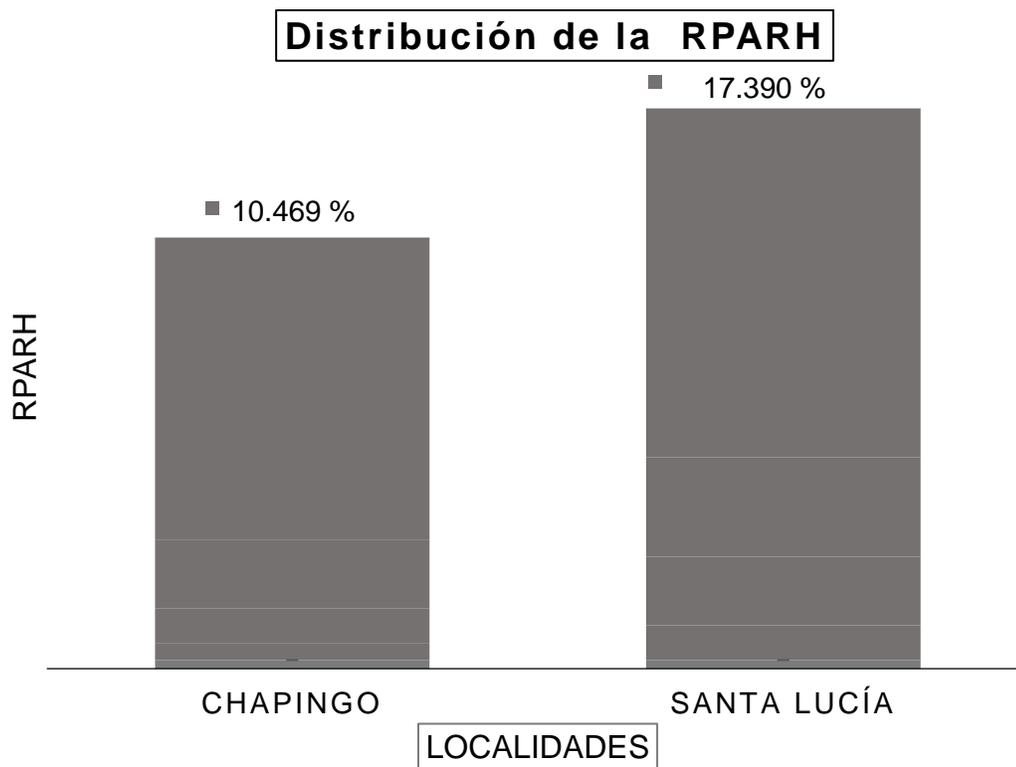


Figura 12. Distribución de la variable respuesta en planta adulta a roya de la hoja en % (RPARH).

En la Figura 13, se observa los genotipos susceptibles donde el No. 2 fue mas severo con 57.5% , seguidos de 30 y 29 con 47.5% y 40% respectivamente.

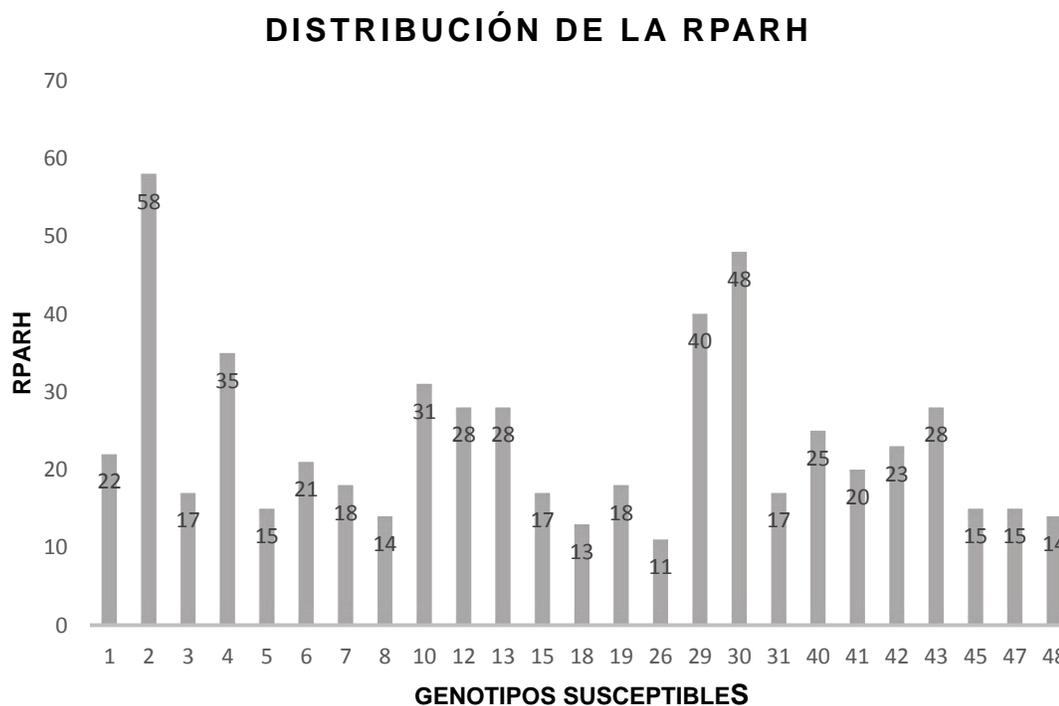


Figura 13. Genotipos susceptibles en la variable resistencia en planta adulta a roya de la hoja.

En la Figura 14 se observa que para la variable resistencia las mejores líneas fueron la línea 36 , 49 y 22 en comparación con las variedades testigo, las cuales fueron muy susceptibles.

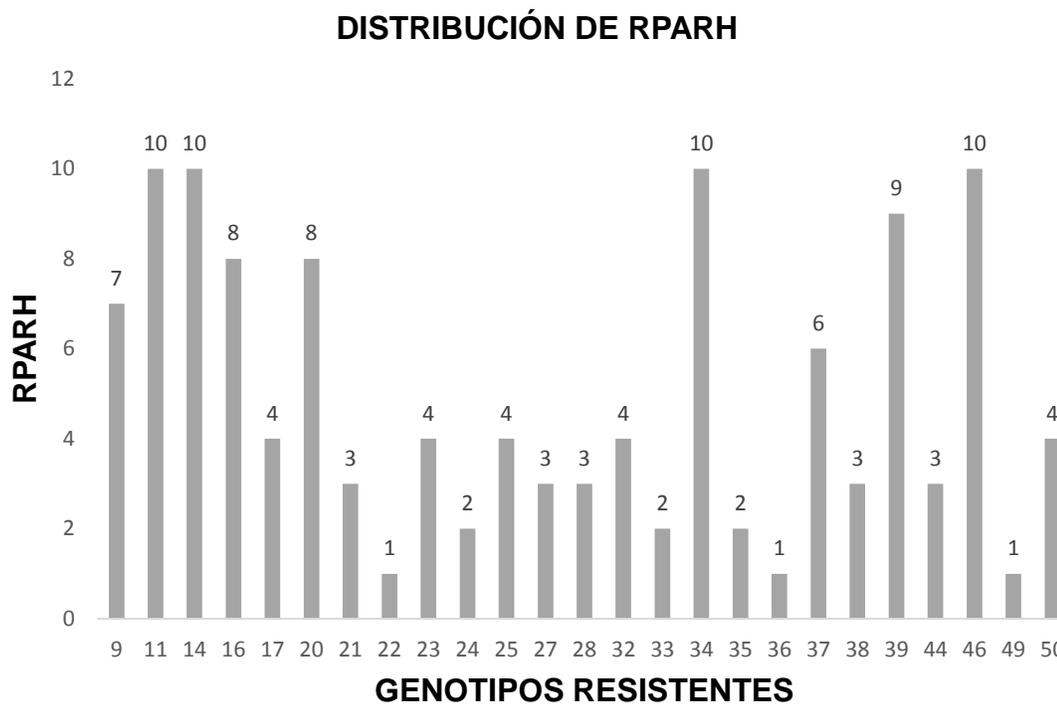


Figura 14. Genotipos resistentes en la variable respuesta en planta adulta a roya de la hoja en % (RPARH).

En la Figura 15, se compara los 50 genotipos en cada ambiente, en la cual se detalla cuales presentaron mayor severidad, siendo por una parte en Chapingo la variedad testigo (2) “TEMPORALERA M87”, y las líneas 30 y 29. Mientras que, en Santa Lucía, de igual forma la variedad 2 “TEMPORALERA M87” y 4 “NAHUATL F2000” y las líneas 30 y 29.

En general en Chapingo los mejores genotipos fueron 10, 22, 24, 27, 28, 33, 36, 37, 39. En Santa Lucía fueron los genotipos 22, 35, 36 y 49.

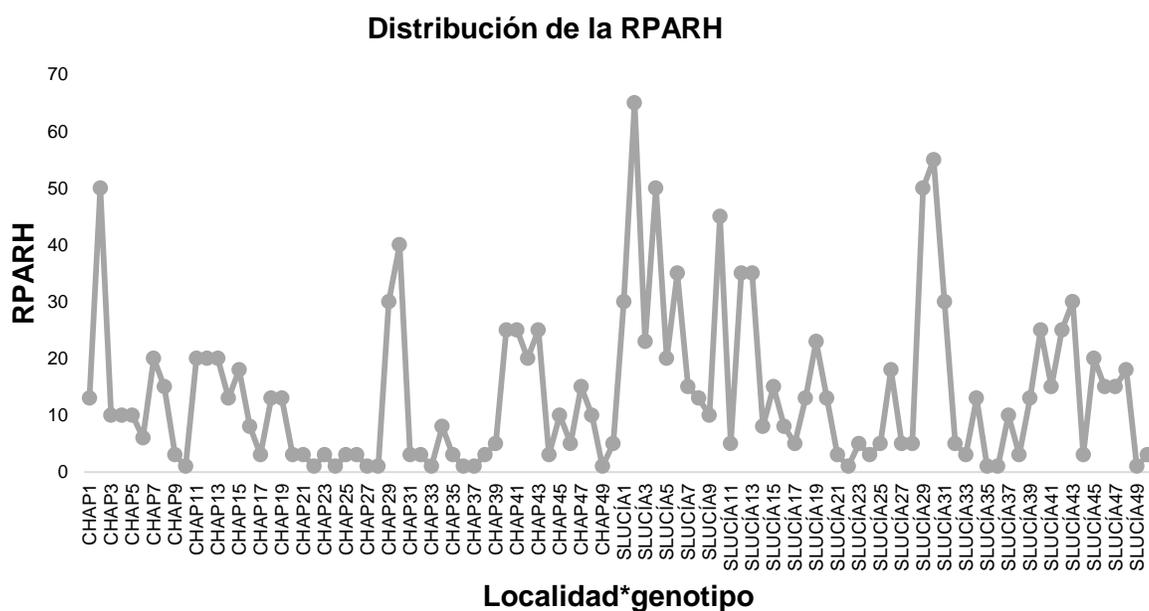


Figura 15. Distribución de la variable respuesta en planta adulta a roya de la hoja en % (RPARH), en Chapingo y Santa Lucía, Edo. de Méx.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas de campo y estadísticos, se concluye que:

- Las líneas 10, 35, 45, 47 y 49, son las que tuvieron mayor resistencia a 5 razas fisiológicas de las 6 inoculadas en el Veintiunavo Ensayo de Rendimiento de Trigo Harinero de Temporal (21avo. ERTHT), en estado de plántula.

- Los genotipos 10 y 35, fueron los más resistentes en Chapingo; en Santa Lucía los genotipos 1, 11,16, 18, 22, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 45, 46, 47, 48 y 49 de igual forma. Comparando con los datos en plántula.

- Para la variable días a floración, en la fuente de localidades se observan respuestas estadísticas altamente significativas esto se debe a la interacción de los genotipos con el ambiente. El genotipo 39 (PAMDOLY-URBINA (C3)-73) fue la más precoz necesitando 71 días para completar la antesis completa en comparación con las demás líneas de trigo harinero.

- En los días a madurez fisiológica, en la fuente de localidades, de genotipos y de la interacción de genotipo* localidad fueron altamente significativas estadísticamente. El genotipo 39 ocupa el primer lugar con 120 días, lo cual indica que fue la más tardía en madurar fisiológicamente en comparación con los demás genotipos.

- Para altura de planta, en la fuente localidades no existe una diferencia estadística significativa, porque la interacción de los genotipos con el ambiente fue muy homogénea.

- Para el rendimiento se observa que, en la fuente de localidades existe diferencia estadística significativa. Siendo el genotipo 36 con 3984.8 kg/ ha que ocupa el primer lugar y este es diferente con el resto de los genotipos.

- La variable resistencia en planta adulta a roya de la hoja, en la fuente de localidades fue altamente significativa estadísticamente, debido a la velocidad de propagación de dicha enfermedad de un lugar a otro. El genotipo 2 ocupa el primer lugar con 57.5% de severidad ocasionada por la roya de la hoja seguidos de los genotipos 30 y 29.

Dicho lo anterior, los mejores genotipos resistentes tanto en estado de plántula como en planta adulta y que además presentaron buen comportamiento agronómico fueron las líneas 35 “**ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA**” y 36 “**ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CNBRD/3/CBRD/5/NANA**”.

5.2. Recomendaciones

De los resultados obtenidos para la selección de los genotipos de la resistencia en plántula y planta adulta, con buen comportamiento agronómico, de los 50 genotipos que integran la línea 21avo. ERTHT (Veintiunavo Ensayo de Rendimiento de Trigos Harineros de Temporal), se recomienda utilizar las líneas resistentes en más pruebas de royas y

otras enfermedades y evaluar variables edafo-climaticas en otros ambientes. También de igual forma realizar pruebas de cruza y hacer más presión de selección para así obtener la mejor línea que pase a formar parte de una variedad.

6. LITERATURA CITADA

- Agricultural Research Service (ARS).2017. Wheat leaf rust. Cereal Disease Lab:St. Paul, MN. United States Department of Agriculture.
- Alvarado Cordones, Manuel, Morillo Perez, Fernando. 1978. Enfermedades del trigo. Hojas divulgadoras. Núm. 8-78 HD.
- Arias Chávez, Luis Eduardo; Osuna Ceja, Esteban Salvador; Núñez Hernández, Gregorio; Villareal Rodas Jorge Humberto; Olmos Colmenero, José de Jesús; Ramírez Vega, Humberto; Tovar Gómez, María Rosario; González Castañeda, Fernando. 2010. Producción de forrajes con calidad nutricional para el sistema de lechería semitecnificada/familiares diferentes ambientes agroecológicos. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Campo experimental centro-altos de Jalisco.
- Apumayta, Camacllanqui, Jaime, 2013. Tesis: Componentes de rendimiento en comparativo de líneas avanzadas de trigo harinero primaveral (*Triticum aestivum* L.)-CIMMYT-México, en condiciones de la C.C. de tres de Diciembre-Chupaca. Universidad Nacional del centro del Perú. Facultad de agronomía. El Mantaro, Jauja-Perú
- Bolton, Melvin D., Kolmer, James A.,Garvin, David F. 2008. Roya de la hoja de trigo causada por *puccinia triticina*. Patología molecular de plantas. Volumen 9, Numero 5.
- Curtis, T. y N. G. Halford. 2014. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. Plant Biology and Crop Science Department, Rothamsted Research, Harpenden, Hertfordshire, UK
- Delgado-Sánchez, Laura M.; Huerta-Espino, Julio; López-Peralta, Ma.-Cristina; Benitez-Riquelme, Ignacio; Hernández-Meneses, Eleodoro. 2016. Genética de la resistencia a *Puccinia triticina* Eriks en trigos

cristalinos invernales Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 39, núm. 2, 2016, pp. 133-139. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México

Félix, Valencia, Pedro; Ortiz, Enríquez, José Eliseo; Fuentes Dávila, Guillermo, Quintana Quiroz, José Guadalupe, Grageda, Grageda, José. 2009. Horas frío en relación al rendimiento del trigo. Folleto técnico N° 3. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Valle del Yaqui. Ciudad Obregón, Sonora, México.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2012. Trigo. Panorama Agroalimentario. Última actualización: 06-08-2018.

García, M. E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 3ra edición. UNAM. D. F. México 252 p.

Gepp, Vivienne. 2011. Resistencia genética: Fuentes de diversidad de diversidad de los patógenos. Control genético. Curso de fitopatología. Noviembre

Google Maps. 2018. Disponible en:
<https://www.google.com/maps/place/INIFAP,+CEVAMEX/@19.4451864,98.9027453,684m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x85d1e6cadc0069e3:0xdb83ea5d6600bca1!8m2!3d19.4451864!4d-98.9005566>

Grageda Grageda, José; Ruiz Corral, José Ariel; Félix Valencia, Pedro; Jiménez García, Emilio y Jiménez Lagunas, Alejandro. 2013. Enfermedades importantes de algunos cultivos de México. Hermosillo, Sonora, México. Libro técnico No. 10.

Huerta-Espino J., R. P. Singh, S. Germán, B. D. McCallum, R. F. Park, W. Q. Chen, S. C. Bhardwaj and H. Goyeau .2011. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica* 179:143-160.

Huerta-Espino, J. y Singh, R. P. 2000. Las royas del trigo Pág.: 231-251. In: El trigo de temporal en México. Villaseñor M., H. E. y E. Espitia R (Eds) SAGAR, INIFAP, CIR-CENTRO-CEVAMEX. Página: 25-38. Disponible en:

http://www.cm.colpos.mx/2010/images/tesis_p/pag/tesis_genetica.pdf

Huerta- Espino, Julio; Rodriguez, García, Maria Florencia; Villaseñor, Mir, Héctor Eduardo; P. Singh, Ravi; Martínez, Cruz, Eliel; Hortelana, Santa Rosa, René; Espitia, Rangel, Eduardo. 2014. Descripción de las royas del trigo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico Número 64.

Huerta-Espino, Julio, Villaseñor, Mir, Héctor E., Espitia, Rangel, Eduardo, G., Leyva Mir, Santos y P. Singh, Ravi. 2002. Análisis de la resistencia a la roya de la hoja en trigos harineros para temporal. Artículo científico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Campo Experimental Valle de México, Programa de Trigo de Temporal. Apartado Postal 10, CP. 56230 Chapingo, Estado de México.

INIFAP-CEVAMEX. 2018. Bitácora de campo. Chapingo, Estado de México.

Juárez, Andrade, Javier Rodrigo. 2011. Comportamiento agronómico de tres variedades de trigo (*triticum aestivum* L.) Bajo tres densidades de siembra en zona de cabecera de valle del departamento de la paz. La Paz, Bolivia.

Kefid, 2010. Trigo (en línea). Disponible en: <http://www.planthogar.net/enciclopedia/fichas/376/trigo-harinero-triticum-aestivum-vulgaris.html>. Fecha de consulta: 12-11-2018.

Kiran Hukam, Kanti; Rawal Himanshu, C.; Rajdeep Jaswal, Dubey ; Devanna Deepak, B.N; Gupta Subhash, Kumar; Bhardwaj, C.; C. Bhardwaj P. Subhash; Parveen Chhuneja, Prasad Dharam. 2016. Proyecto de genoma del patógeno de la roya del trigo (*Puccinia triticina*) desentraña las variaciones estructurales de todo el genoma durante la evolución. *Genome Biology and Evolution*, Volumen 8, Número 9, 1 de septiembre de 2016, páginas 2702–2721. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/gbe/evw197>.

- Kolmer, James. 2018. Leaf Rust of Wheat: Pathogen Biology, Variation and Host Resistance. USDA-ARS, Cereal Disease Laboratory, St. Paul, MN 55113, USA.
- Martínez G. A. 1988. Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Ed. Trillas. México, D.F. 756 p.
- Nuestro México. 2018. Fecha de consulta: 18-11-2018. Disponible en: <http://www.nuestro-mexico.com/Mexico/Texcoco/San-Miguel-Coatlinchan-Coatlinchan/>
- Pereyra, S.; Diaz, M.; Stewart, S. 2005. Manual de identificación de enfermedades en cereales de invierno. Colonia, Uruguay, INIA. 130 p. (Boletín de Divulgación no. 61).
- Peterson, RF., A.B. Campbell yA.E. Hannah. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stem of cereals. Can. J. Res. Sect. C26:496-500.
- Prescott, J.M., P.A. Burnett, E.E. Saari.1986. Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F., México.
- Pilar, Martínez, María. 2018. México importa más trigo de Rusia. Revista el Economista.
- Rampitsch, Christof ; Günel, Aslihan ; Beimcik, Eva : Mauthe, Wayne. 2014. Proteoma de haustoria purificada por anticuerpos monoclonales de *Puccinia triticina* Race - 1. Artículo científico. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/pmic.201400241>.
- Ramirez, Mosqueda, Julio Alberto. 2004. Evaluación de Líneas Elite de Trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo Régimen Restringido de Humedad en la Región de Navidad, N. L. 2003. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- Reyna Martínez, Jesús Héctor; Huerta Espino, Juliio, Martínez Medina, Juan; Hernández Torres, Ismael, Acosta Díaz, Efraín; Martínez de León, Jorge Manuel. 2007. Roya de la hoja del trigo macarronero (*triticum durum* l.) en nuevo león. Desplegable técnico no. 1. Centro

de investigación regional del noreste campo experimental general Terán.

Rivera, Coto, German. 2007. Conceptos introductorios a la fitopatología. Editorial universitaria estatal a distancia. 1ª edición. San José, Costa Rica. Pág.: 221-222.

Rodríguez Contreras María Elsa, Gerardo Leyva Mir, Santos, Villaseñor Mir, Héctor Eduardo, JHuerta Espino, Julio, Sandoval Islas, José Sergio y Héctor Manuel de los Santos Posadas, Héctor Manuel. 2010. Relación de altura y competencia de plantas con incidencia y dispersión de septoria tritici en trigo de temporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.3 1 de julio - 30 de septiembre, 2010 p. 351-361.

Roelfs, A.P., R.P. Singh y E.E. Saari. 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F.: CIMMYT. 81 pp.

Saari E., Eugene y Prescott J.M. 1985. Distribución mundial en relación con las pérdidas económicas. Enfermedades, distribución, epidemiología y control. Páginas: 259-298.

Sebastián Vanzetti, Leonardo; Campos, pablo; Demichelis, · Melina, Andres Lombardo, Lucio; Romina Aurelia, · Paola; · Vaschetto, Luis María; Tomás Bainotti, Carlos y Helguera. Marcelo. 2011. Identificación de genes de resistencia a la roya de la hoja en cultivares seleccionados de trigo de pan argentino mediante la postulación de genes y marcadores moleculares. Revista Electrónica de Biotecnología ISSN: 0717-3458. Vol. 14 No. 3. Chile.

Solis-Moya, Ernesto, Huerta-Espino, Julio, Rodríguez-García, María F, Villaseñor-Mir, Héctor E., Espitia-Rangel, Eduardo, Ledesma-Ramírez, Lourdes y María del P. Suaste-Franco, María del P. 2013. Resistance to leaf rust in wheat (*triticum* spp. l.) varieties adapted to el bajío, México. Artículo: Agrociencia, vol. 47, núm. 5, julio-agosto, 2013, pp. 457-469 Colegio de Postgraduados Texcoco, México

- Singh, R. P. and Rajaram.2002. Breeding for disease resistance in wheat. Pág: 145-158. In: bread wheat B. C. Curtis S. Rajaram and H. Gomez McPherson (Eds) FAO. Roma, Italia.
- Shiferaw, Bekele, Melinda Smale, Hans-Joachim Braun, Etienne Duveiller, Mathew Reynolds y Geoffrey Muricho.2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. Pág: 22.
- Stubbs, R.W., J.M. Prescott, E.E. Saari y H.J. Dubin. 1986 Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT) Mexico..
- Vanessa Concetti, Dianela.2017. EVALUACIÓN DE DISTINTOS CONTROLES QUÍMICOS SOBRE ROYA DE LA HOJA (*Puccinia triticina* Eriks) Y MANCHA AMARILLA (*Drechslera tritici repentis*) EN DOS CULTIVARES DE TRIGO PAN. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Escuela para Graduados.
- Vanderplank, J. E. 1968.Plant diseases. Epidemics and control, London, academic. Press. Pags.234-311.
- Valenzuela Valenzuela, Javier y Barreras Soto, Manuel Abundio. 2008. Medidas de Prevención contra Roya o Chahuixtle del Trigo. El fitosanitario. Sinaloa, México
- Villaseñor Espín, Oscar Mario; Huerta Espino, Julio; Leyva Mir, Santos Gerardo; Villaseñor Mir,Eduardo; Espitia Rangel, Eduardo.2003. Análisis de virulencia de la roya de la hoja (*puccinia triticina eriks.*) del trigo (*triticum aestivum*) en los valles altos de México Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 21, núm. 1, enero-julio, 2003, pp. 56-62 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México
- Vidal John, 2009
<http://www.guardian.co.uk/environment/2009/mar/19/rust-fungus-global-wheat-crops>. Fecha de consulta: 10 11-2018.
- Wanquan Chen ; Colin Wellings ; Xianming Chen; Zhengsheng Kang y Taiguo Liu. 2013. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. State Key Laboratory for Biology of Plant

Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China.

Wolf, Erick de, Murray, Tim, Pierce Paul, Osborne , Larry , Tenuta, Albert. 2010. Identificando a las Royas del Trigo y Cebada. Regional Plant Disease Diagnostic Labs Great Plains, Kansas State University

Zillinsky, F.1984.Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. México. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/1105/13166.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

7. APÉNDICE



Figura A1. Suelo esterilizado.



Figura A2. Siembra en charolas de Morocco para incremento de razas de royas.

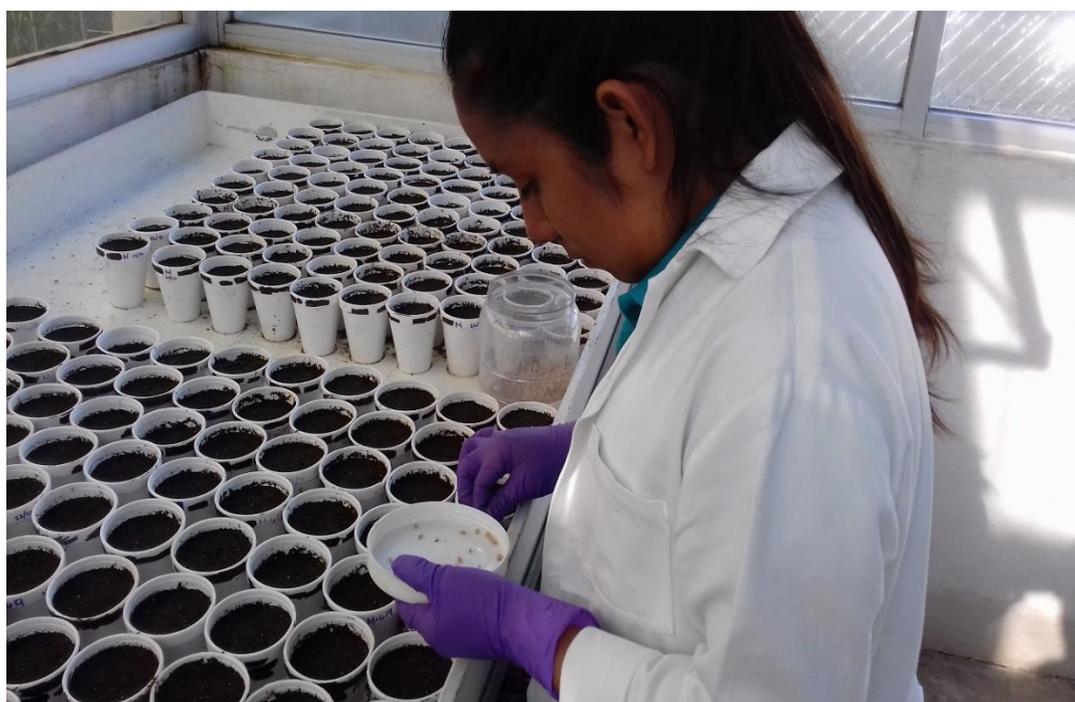


Figura A3. Siembra en vasos de Morocco para incremento de razas de roya.



Figura A4. Preparación de charolas.

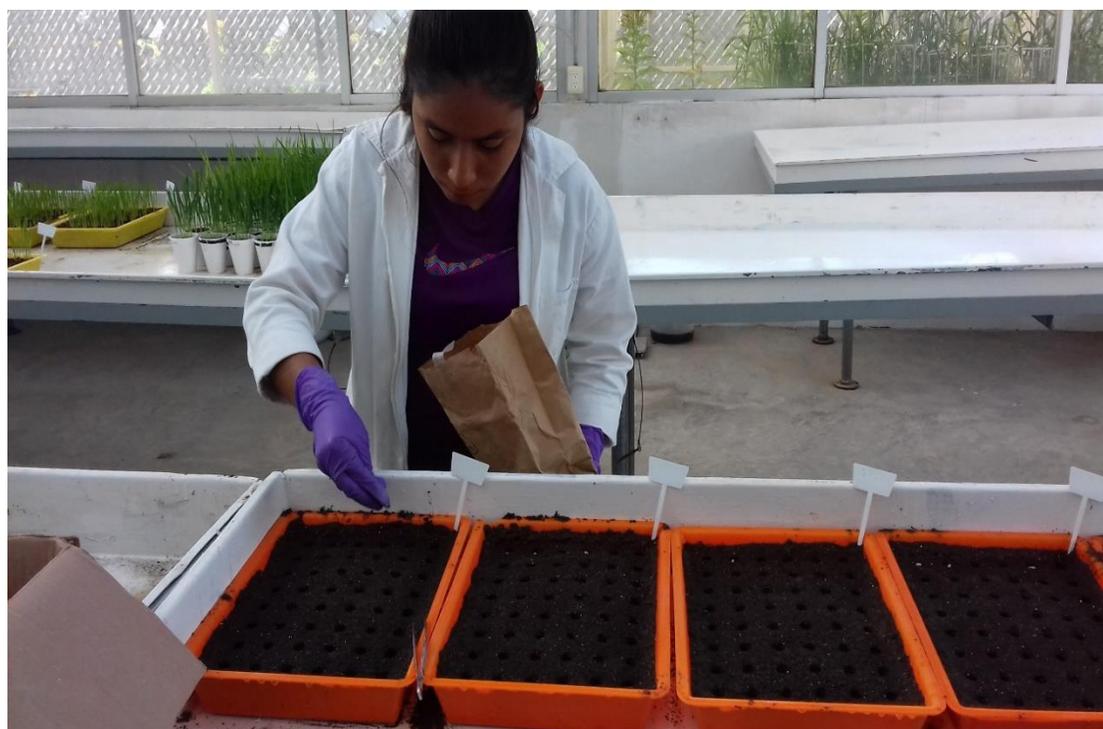


Figura A5. Siembra en charolas de la línea 21 vo. ERTHT.

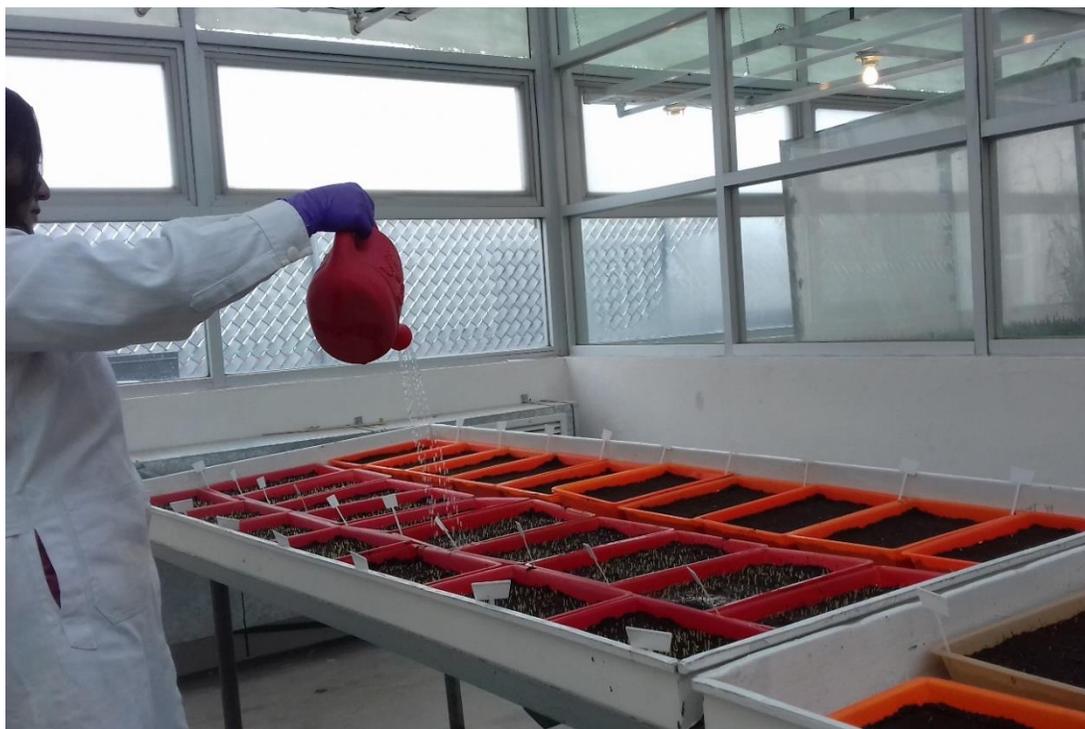


Figura A6. Aplicación de ácido maleico a charolas de incremento.



Figura A7. Fertilización de charolas para evaluación e incremento.



Figura A8. Inoculación de razas de roya de la hoja para incremento.

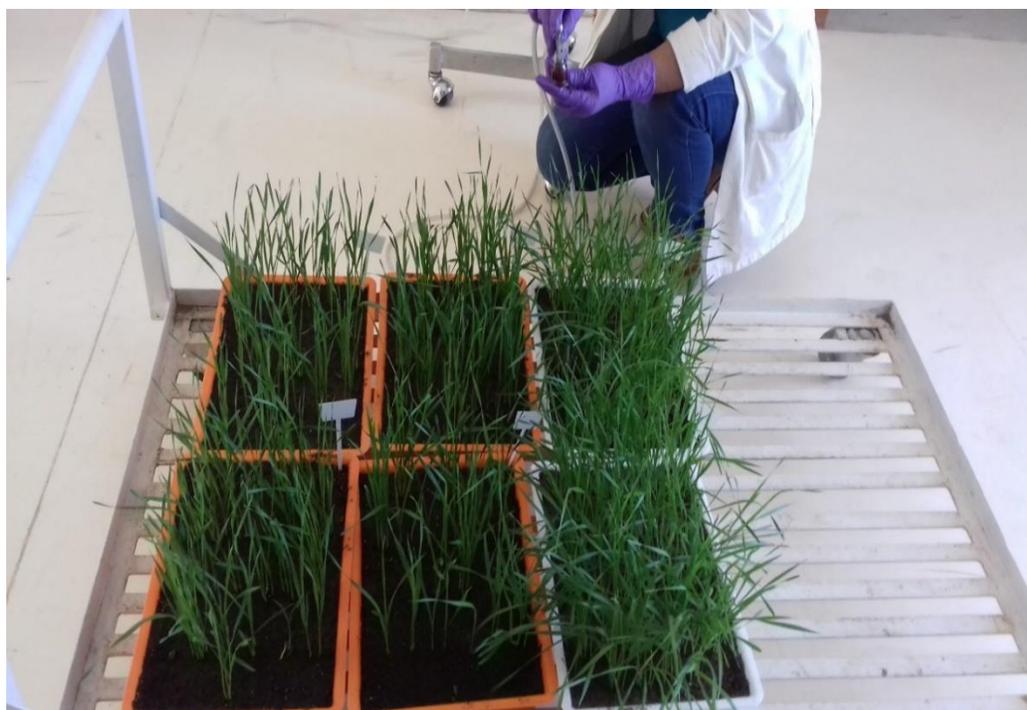


Figura A9. Inoculación en charolas 21vo. ERTHT con razas de roya de la hoja.



Figura A10. Cámara de incubación de roya de la hoja.



Figura A11. Registro del tipo de infección en plantula del 21 vo. ERTHT.



Figura A12. Colecta de razas de roya de la hoja en charolas de Morocco.



Figura A13. Siembra en campo de los genotipos evaluados.



Figura A14. Aclaración de plantas de trigo, Chapingo, Edo. de Méx.

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN FUE GRACIAS A LOS DATOS EN PLANTA ADULTA GENERADA POR PARTE DEL INIFAP-CEVAMEX EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE TRIGO DE TEMPORAL, AL IGUAL QUE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS HECHOS EN EL PROGRAMA SAS CON EL APOYO DE LA DRA. MARÍA FLORENCIA RODRÍGUEZ GARCÍA.

Figura A15. Tipo de infección de los 50 genotipos que integran la línea 21 avo. ERTHT, en estado de plántula.

| Razas fisiológicas de roya de la hoja | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|
| NG | MBJ/SP | MCJ/SP | BBG/BP-Cam | MCJ/QP | MCJ/QM | BBG/BP |
| 1 | 4(S) | 3(S) | ;(R) | 4(S) | 3+(S) | 2(R) |
| 2 | 3(S) | 3+(S) | ;(S) | 2(S) | 3(S) | 1(R) |
| 3 | 4(S) | 4(S) | ;(R) | 4(S) | 2(R) | 0(R) |
| 4 | 4(S) | 3(S) | 3(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) |
| 5 | 4(S) | 2+,3(S) | 1(R) | X(R) | 3(S) | 1(R) |
| 6 | 3(S) | 4(S) | ;(R) | 3(S) | 4(S) | 2(R) |
| 7 | 4(S) | 3p4(S),1p2(R) | ;(R) | 3(S) | 4(S) | 1(R) |
| 8 | 4(S) | 3(S) | ;(R) | 4(S) | 3(S) | 0(R) |
| 9 | 3-(S) | 3(S) | ;(R) | 4(S) | 3+(S) | 0(R) |
| 10 | 2+(R) | 2+(R) | 2(R) | 2(R) | 3(S) | 2(R) |
| 11 | 2+(R) | 3(S) | 1(R) | 2(R) | . | 1(R) |
| 12 | 3(S) | 4(S) | 2(R) | 2(R) | 3+(S) | 1(R) |
| 13 | 4(S) | 4(S) | . | 4(S) | 4(S) | 0(R) |
| 14 | . | . | . | . | . | . |
| 15 | 4(S) | 4(S) | ;(R),3(S) | 2+(R) | 3+(S) | 0(R) |
| 16 | 4(S) | 3(S) | ; | 4(S) | . | . |
| 17 | 4(S) | 4(S) | 2(R), 4(S) | 2+(R) | 4(S) | 3(S) |
| 18 | . | 1+,2+(R) | 1(R) | . | . | . |
| 19 | 4(S) | 4(S) | 1(R) | 2(R) | 3+(S) | 2(R) |
| 20 | . | . | 3(S),;(R) | 3(S) | 3(S) | 3(S) |
| 21 | 4(S) | . | . | . | 3(S) | 3(S) |
| 22 | 4(S) | 4(S) | ;(R) | X(R) | 4(S) | 0(R) |
| 23 | 4(S) | 4(S) | 3(S),1(R) | 4(S) | 3(S) | 3(S) |
| 24 | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) |
| 25 | 4(S) | 4(S) | 2(R),3(S) | 4(S) | 3(S) | 4(S) |
| 26 | 4(S) | 4(S) | 0(R) | 4(S) | 4(S) | 0(R) |
| 27 | 3(S) | 3(S) | ;(R) | 3(S) | 3(S) | 1(R) |
| 28 | 3(S) | 3(S) | ;(R) | 4(S) | 3(S) | 0(R) |
| 29 | 4(S) | 4(S) | 3(S) | 4(S) | 4(S) | 3(S) |
| 30 | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) | 4(S) |
| 31 | 4(S) | 4(S) | 2(R) | 3+(S) | 4(S) | 3(S) |
| 32 | . | 4(S) | 1(R) | 4(S) | 4(S) | 3(S) |
| 33 | 4(S) | 4p1(S) | 2+(R) | 3+(S) | 3(S) | 3(S) |
| 34 | 3(S) | 2(R) | 1(R) | 1(R) | 4(S) | 2(R) |
| 35 | 2(R) | 2+(R) | 1(R) | 2(R) | 4(S) | 2(R) |
| 36 | 3(S) | . | . | . | . | . |
| 37 | 4(S) | 4(S) | 2(R) | 3+(S) | 41p(S) | 3(S) |
| 38 | 3(S) | 4(S) | 2(R) | X(R) | 4(S) | 2(R) |
| 39 | 4(S) | 4(S) | 3(S),;(R) | 4(S) | 3+(S) | 2(R) |
| 40 | 4(S) | 3(S) | ;(R) | 3(S) | 4(S) | 3(S) |
| 41 | 4(S) | 4(S) | 4(S),;(R) | 4(S) | 41p(S) | . |
| 42 | 3(S) | 2+(R),3(S) | 1(R) | 3(S) | 4(S) | 1(R) |
| 43 | 4(S) | 3(S) | . | . | 3(S) | 3(S) |
| 44 | 4(S) | 4(S) | 4(S),;(R) | 4(S) | 4(S) | 3(S) |
| 45 | 2+(R) | 1+(R) | ;(R) | 1+(R) | 4(S) | ;(R) |
| 46 | 2(R) | . | ;(R) | 1(R) | 3(S) | ;(R) |
| 47 | 2+(R) | 1+(R) | ;(R) | 2(R) | 3+(S) | ;(R) |
| 48 | 2(R) | 1(R) | ;(R) | 3(S) | 3(S) | 0(R) |
| 49 | ;(R) | 1(R) | ;(R) | 1(R) | 4(S) | 1(R) |
| 50 | 3(S) | 3+(S) | ;(R) | 4(S) | 4(S) | 0(R) |

R: Resistente S: Susceptible

■ Línea resistente.

(En la escala de Roelfs, *et al.*, 1992: 0, ;, 1, 2 y x son resistentes, 3 y 4 son susceptibles) ■ Línea susceptible.

. = no germinó

Figura A16. Número de genotipo (NG), variedad/línea y respuesta a la raza MBJ/SP en invernadero en estado de plántula y en campo en estado de planta adulta, en Chapingo, Edo. de Méx

| VARIEDAD / LÍNEA | | Plántula MBJ/SP | Planta adulta MBJ/SP |
|------------------|---|--------------------|-------------------------|
| 1 | GALVEZ M87 | 4(S) | 15 MS |
| 2 | TEMPORALERA M87 | 3(S) | 30 MS |
| 3 | ROMOGA F96 | 4(S) | 10 MS |
| 4 | NAHUATL F2000 | 4(S) | 0 |
| 5 | TLAXCALA F2000 | 4(S) | 5 MR |
| 6 | JUCHI F2000 | 3(S) | 20 MS |
| 7 | REBECA F2000 | 4(S) | 30 MS |
| 8 | TRIUNFO F2004 | 4(S) | 30 MS |
| 9 | ALTIPLANO F2007 | 3-(S) | 5 MR |
| 10 | NANA F2007 | 2+(R) | 0 |
| 11 | DON CARLOS M2015 | 2+(R) | 10MR |
| 12 | VALLES F2015 | 3(S) | 30 MS |
| 13 | TEXCOCO F2016 | 4(S) | 20 MS |
| 14 | ZCT/SLM//CHAZ/TEM/4/AGA//PVN/PCI/3/AGA/5/GAV/ROM/6/GAL/CMH78A544/7/GAV/ROM/3/KITE/BOW//MEX/ROM | . | 20MS |
| 15 | CANICULA F2016 | 4(S) | 10MS |
| 16 | MONR/NANA/5/CUL//ZCT/ROM/4/EK.VD2.1028//BUC/FLK/3/CNO79/PRL | 4(S) | 20MS |
| 17 | PAMDOLY.PABG (C7).44 | 4(S) | 0 |
| 18 | URB/MON//NANA | . | 10MS |
| 19 | KRON/3/NAH//BAR/MIL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 4(S) | 15MS |
| 20 | THELIN/3/BABAX/LR42//BABAX/4/BABAX/LR42//BABAX/5/GAV/TECO.....//KACHU | . | 5 MR |
| 21 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/.....//HD29 | 4(S) | 0 |
| 22 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/.....//HD29 | 4(S) | 0 |
| 23 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/.....//HD29 | 4(S) | 0 |
| 24 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/.....//HD29 | 4(S) | 0 |
| 25 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/.....//HD29 | 4(S) | 0 |
| 26 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/.....//HD29 | 4(S) | 5MR |
| 27 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/.../CROC/AESQ....//KACHU | 3(S) | 1MR |
| 28 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/FRTL/6/...//KACHU | 3(S) | 5MR |
| 29 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBLL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX | 4(S) | 40MS |
| 30 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBLL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX | 4(S) | 40 MS |
| 31 | SAUALYANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 4(S) | 0 |
| 32 | SAUALYANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | . | 5 MR |
| 33 | SAUALYANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 4(S) | 0 |
| 34 | KACHU/4/CROC/AESQ(205)//KAUZ/3/SASIA/5/KACHU/6/ROLF*2/YANAC | 3(S) | 30 MS |
| 35 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | 2(R) | 0 |
| 36 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | 3(S) | 0 |
| 37 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | 4(S) | 5MR |
| 38 | PAMDOLY-URBINA(C3)-66 | 3(S) | 5 MR |
| 39 | ...PAMDOLY-URBINA(C3)-73 | 4(S) | 10 MS |
| 40 | ROM/REB//GAL/CMH78A544/4/EK.VD21028//BUC/FLK/3/CNO79/PRL/5/GAV/...ROM/4/TRIGAV/GAL//ROM/NORM/3/NANA | 4(S) | 10MS |
| 41 | GAV/GAL//ROM/NORM/3/NANA | 4(S) | 40 MS |
| 42 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 3(S) | 30 MS |
| 43 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 4(S) | 30 MS |
| 44 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 4(S) | 5MR |
| 45 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 2+(R) | 5MR |
| 46 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 2(R) | 5MR |
| 47 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 2+(R) | 15 MR |
| 48 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 2(R) | 5 MR |
| 49 | PAMDOLY-ROELFS-33 | ;(R) | 5 MR |
| 50 | PAMDOLY-ESPIGAS-138 | 3(S) | 5 MR |

■ Línea resistente. MR: Moderadamente resistente S: Susceptible

■ Línea susceptible. MS: Moderadamente susceptible R: Resistente

Figura A17. Número de genotipo (NG), variedad/línea y respuesta a la raza BBG/BP-Cam en invernadero en estado de plántula y en campo en estado de planta adulta, en Chapingo, Edo. de Méx

| NG | VARIEDAD/LÍNEA | Plántula | Planta adulta |
|----|--|------------|---------------|
| | | BBG/BP-Cam | BBG/BP-Cam |
| 1 | GALVEZ M87 | ;(R) | 0 |
| 2 | TEMPORALERA M87 | ;(S) | 20 MR |
| 3 | ROMOGA F96 | ;(R) | 10 MR |
| 4 | NAHUATL F2000 | 3(S) | 30 MS |
| 5 | TLAXCALA F2000 | 1(R) | 10 MR |
| 6 | JUCHI F2000 | ;(R) | 10 MR |
| 7 | REBECA F2000 | ;(R) | 20 MR |
| 8 | TRIUNFO F2004 | ;(R) | 10 MR |
| 9 | ALTIPLANO F2007 | ;(R) | 10 MR |
| 10 | NANA F2007 | 2(R) | 80 S |
| 11 | DON CARLOS M2015 | 1(R) | 0 |
| 12 | VALLES F2015 | 2(R) | 30 MS |
| 13 | TEXCOCO F2016 | . | 15 MR |
| 14 | ZCT/SLM//CHAZ/TEM/4/AGA//PVN/PCI/3/AGA/5/GAV/ROM/6/GAL/CMH78A544/7/GAV/ROM/3/KITE/BOW//MEX/ROM | . | 10 MR |
| 15 | CANICULA F2016 | ;(R),3(S) | 5 MR |
| 16 | MONR/NANA/5/CUL//ZCT/ROM/4/EK.VD2.1028//BUC/FLK/3/CNO79/PRL | ;(R) | 0 |
| 17 | PAMDOLY.PABG (C7).44 | 2(R), 4(S) | 0 |
| 18 | URB/MON//NANA | 1(R) | 0 |
| 19 | KRON/3/NAH//BAR/MIL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 1(R) | 5 MR |
| 20 | THELIN/3/BABAX/LR42//BABAX/4/BABAX/LR42//BABAX/5/GAV/TECO.....//KACHU | 3(S),;(R) | 0 |
| 21 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 | . | 0 |
| 22 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 | ;(R) | 0 |
| 23 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 | 3(S),1(R) | 0 |
| 24 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 | 4(S) | 0 |
| 25 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 | 2(R),3(S) | 0 |
| 26 | PRL/2*PASTOR//PBW343*2/KUKUNA/3/ROELFS/4/ROM/REB/3/ROM//GAV/OCOR/5/...../HD29 | 0(R) | 5 MR |
| 27 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/.../CROC/AESQ....//KACHU | ;(R) | 0 |
| 28 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXW/5/BJY/COC//PRL/BOW/3/FRTL/6/...//KACHU | ;(R) | 0 |
| 29 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX | 3(S) | 60 S |
| 30 | ATTILA*2/PBW65*2//KACHU/5/WBL1*2/4/BABAX/LR42//BABAX/3/BABAX/LR42//BABAX | 4(S) | 60 S |
| 31 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 2(R) | 0 |
| 32 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 1(R) | 0 |
| 33 | SAUAL/YANAC//SAUAL/5/ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD | 2+(R) | 0 |
| 34 | KACHU/4/CROC/AESQ(205)//KAUZ/3/SASIA/5/KACHU/6/ROLF*2/YANAC | 1(R) | 0 |
| 35 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | 1(R) | 0 |
| 36 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | . | 0 |
| 37 | ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA | 2(R) | 0 |
| 38 | PAMDOLY-URBINA(C3)-66 | 2(R) | 0 |
| 39 | PAMDOLY-URBINA(C3)-73 | 3(S),;(R) | 0 |
| 40 | ROM/REB//GAL/CMH78A544/4/EK.VD21028//BUC/FLK/3/CNO79/PRL/5/GAV/...ROM/4/FTRIGAV/GAL//ROM/NORM/3/NANA | ;(R) | 15 MR |
| 41 | GAV/GAL//ROM/NORM/3/NANA | 4(S),;(R) | 40 MS |
| 42 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 1(R) | 10 MR |
| 43 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | . | 15 MR |
| 44 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | 4(S),;(R) | 0 |
| 45 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | ;(R) | 0 |
| 46 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PR | ;(R) | 0 |
| 47 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | ;(R) | 0 |
| 48 | WEAVER/TSC//WEAVER/3/WEAVER/4/2*WAXWING/5/CUL//ZCT/ROM/4/.../3/CNO79/PRL | ;(R) | 0 |
| 49 | PAMDOLY-ROELFS-33 | ;(R) | 0 |
| 50 | PAMDOLY-ESPIGAS-138 | ;(R) | 10 MR |

■ Línea resistente. MR: Moderadamente resistente S: Susceptible

■ Línea susceptible. MS: Moderadamente susceptible R: Resistente