

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN GENOTIPOS MEJORADOS
DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR DAÑO DE
ENFERMEDADES FOLIARES CAUSADAS POR HONGOS
EN AMBIENTES DE TEMPORAL EN MÉXICO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
EN PROTECCIÓN VEGETAL**

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



**PRESENTA
EDWIN ALFREDO CÁCERES ACOSTA**

Chapingo, México, Enero, 2001



Bib. 95198

**EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN GENOTIPOS MEJORADOS DE
TRIGO (*Triticum aestivum* L.), POR DAÑO DE ENFERMEDADES
FOLIARES CAUSADAS POR HONGOS EN AMBIENTES DE
TEMPORAL EN MÉXICO.**

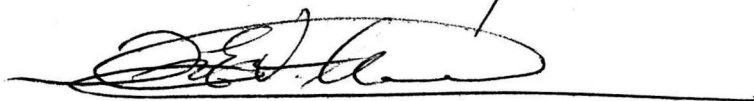
Esta tesis fue realizada bajo la dirección del comité asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

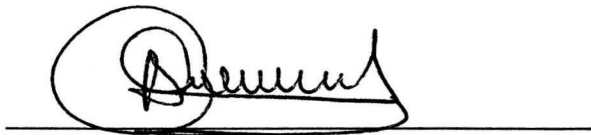
DIRECTORES:



DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR



DR. HÉCTOR EDUARDO VILLASEÑOR MIR



DR. EDUARDO ESPITIA RANGEL

ASESOR:

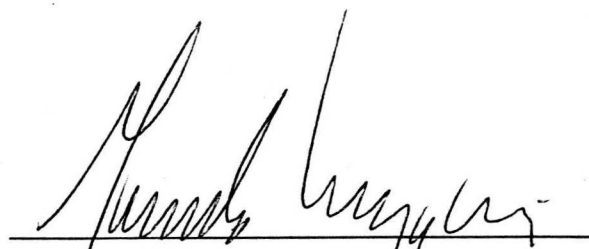


DR. BENITO RESÉNDIZ GARCIA

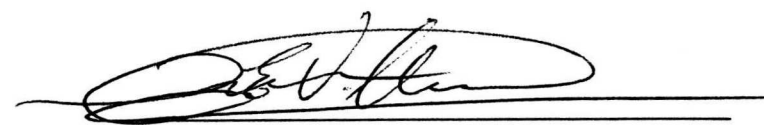
**EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN GENOTIPOS MEJORADOS DE
TRIGO (*Triticum aestivum* L.), POR DAÑO DE ENFERMEDADES
FOLIARES CAUSADAS POR HONGOS EN AMBIENTES DE
TEMPORAL EN MÉXICO.**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Edwin Alfredo Cáceres Acosta autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

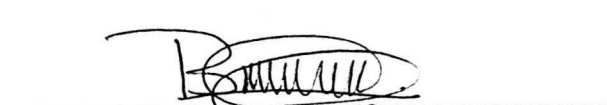
PRESIDENTE:


DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR:


DR. HÉCTOR EDUARDO VILLASEÑOR MIR

ASESOR:


DR. BENITO RESÉNDIZ GARCIA

DEDICATORIA

A mi esposa Teresa Machado Barrera y a mi hija Yadira Maribel.

A mis padres Jorge y Piedad.

A mis hermanos: Wilmer, Froilán, María, Orlando, Wilfrido, Jorge y Segundo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía, darme salud y esta gran oportunidad.

A la ingeniera Mercedes Bolaños y al ingeniero Gonzalo Robalino, compañeros del Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA), grandes amigos que me brindaron apoyo permanente.

A los Drs. Héctor Eduardo Villaseñor Mir, Eduardo Espitia Rangel y Santos Gerardo Leyva Mir, por la acertada dirección de esta investigación y además por brindarme su amistad y apoyo incondicional. Al doctor Benito Reséndiz García por sus valiosas sugerencias.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), al Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA) y al Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA) de la República del Ecuador por la colaboración y el apoyo financiero; a todo el personal administrativo, compañeros y amigos de PROMSA, SESA y MAG y al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por el financiamiento.

Al M. C. Antonio Segura Miranda, Director del Departamento de Parasitología Agrícola, por su excelente colaboración y además por brindarme su amistad.

A mi gran amigo y maestro Dr. Nahum Marban Mendoza, Coordinador de la Maestría de Protección Vegetal por el apoyo y ayuda permanentes.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) porque en su Alma Mater pude prepararme mejor.

Al personal de campo del Programa de Trigo del INIFAP-CEVAMEX, cuya participación fue muy valiosa para el éxito de esta investigación.

A mis maestros de la UACH; por compartir sus conocimientos y a todo el personal administrativo por la colaboración y ayuda permanente; especialmente a mis amigos y compañeros.

A mis amigos los doctores Ligia Ayala y Julio Huerta por brindarme su amistad y colaboración.

A mi esposa y a mi hija, por que han sido mi inspiración y mi fuerza para alcanzar éste y muchos objetivos más.

A mis padres, por su permanente apoyo y confianza.

A mis hermanos, por que con sus palabras impelieron a que cada vez tome más desafíos y por brindarme su permanente apoyo.

A toda mi familia, especialmente a: Alexandra, Daniela, Roberto, Elisa María, Germán; Rómulo y familia; a mis amigos, Bolívar, Nelly, William, Diego, Jenny, Fabián; Segundo Machado y familia; Carlos y familia por su permanente preocupación y apoyo.

Finalmente, mi profundo agradecimiento al pueblo ecuatoriano y al pueblo mexicano porque con sus impuestos permiten prepararnos mejor y contribuir con el engrandecimiento de estas hermosas naciones hermanas.

DATOS BIOGRÁFICOS

En la Parroquia Huachi Chico de la hermosa ciudad de Ambato, Provincia del Tungurahua perteneciente a la República del Ecuador, comparable con el paraíso por el esplendor y contraste de su paisaje, un 11 de septiembre de 1963 nació Edwin Alfredo Cáceres Acosta. Ingresó a la primaria en la escuela John F. Kenedy. Los estudios de bachillerato los cursó en el Instituto Técnico Superior Agropecuario de la Sierra "Luis A. Martínez", donde obtuvo el grado de Bachiller Agrónomo, presentando la tesis: **"Efecto de la fertilización en Manzano"** en el año 1983, posteriormente ingresa a la Universidad Central del Ecuador y obtiene el título de Ingeniero Agrónomo en 1994 con la presentación de la tesis: **"Persistencia del C¹⁴ DDT en Tumbaco, Pichincha, Ecuador-1993**, y el Título de postgrado de Especialista en Suelos y Nutrición de Plantas en 1998, con la investigación: **"Manual de Nutrición y Fertilización del Duraznero"**. Además realiza varios cursos y seminarios que le permiten ejercer su actividad privada, dar asesorías y obtener la licencia de Chofer profesional en 1988. En 1994, ingresa a trabajar en la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, como Técnico Nuclear, donde obtiene además la licencia profesional para trabajar con fuentes radiactivas en investigación y aplicación agropecuaria, da asesoramiento en plantaciones de flores, posteriormente en 1996, ingresa al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para trabajar en el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA) como Inspector Agropecuario en el Aeropuerto Mariscal Sucre, ascendiendo a la jefatura del departamento. También es profesor de la Universidad Intercontinental. Obtiene una beca del PROMSA, SESA, MAG, BID e ingresa a la maestría en la UACH en 1999.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Importancia del trigo en la alimentación mundial.....	3
2.2. Producción de trigo en México	4
2.3. Perspectivas del trigo en México	5
2.4. Importancia de las enfermedades en la producción de trigo.....	7
2.4.1. Manejo integrado de plagas (MIP).....	8
2.4.2. Hongos patógenos que atacan al trigo en México.....	9
2.5. Estrategias de control de enfermedades foliares.....	28
2.5.1. Control cultural	28
2.5.2. Control genético.....	29
2.5.3. Control químico.....	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. Lugar de los experimentos.....	38
3.1.1. Chapingo.....	38

3.1.2.	Juchitepec.....	38
3.1.3.	Coatepec	39
3.1.4.	Nanacamilpa	39
3.1.5.	Potzumarán	40
3.2.	Material vegetal evaluado.....	40
3.3.	Diseño experimental.....	41
3.3.1.	Parcela y unidad experimental	41
3.3.2.	Variables en estudio	41
3.4.	Manejo agronómico de los experimentos	43
3.4.1.	Prácticas culturales	43
3.4.2.	Inoculación de <i>Septoria</i> y Roya	44
3.5.	Análisis de la información	44
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1.	Incidencia de patógenos.....	45
4.2.	Análisis general de las variables	46
4.3.	Análisis por localidad de las variables directas.....	57
4.3.1.	Chapingo.....	57
4.3.2.	Juchitepec.....	59
4.3.3.	Coatepec	61
4.3.4.	Nanacamilpa	64
4.3.5.	Potzumarán	66
4.4.	Discusión general	69
5.	CONCLUSIONES.....	72
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	74

INDICE DE CUADROS

1. Incremento de las importaciones de trigo en México.	6
2. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto para 10 genotipos de trigo evaluados con y sin aplicación de fungicida. P-V/1999.	49
3. Coeficientes de correlación de las variables en los tratamientos con y sin fungicida en las cinco localidades. P-V/1999.	51
4. Comparación de medias entre localidades para las diferentes variables. P-V/1999	52
5. Comparación de medias entre tratamientos para las diferentes variables. P-V/1999.	53
6. Comparación de medias general entre genotipos para las variables en estudio. P-V/1999.	55
7. Promedio general del rendimiento de los genotipos en tratamientos con y sin fungicida y porcentaje de pérdidas. P-V/1999.....	56
8. Promedios de localidades DMAF de los genotipos con los tratamientos y porcentaje de pérdidas. P-V/1999.....	57
9. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Chapingo, Méx. P-V/1999.....	59
10. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en Chapingo, Méx. P-V/1999.....	60
11. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Chapingo, Méx. P-V/1999.....	61
12. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Juchitepec, Méx. P-V/1999.....	62
13. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en, Juchitepec, Méx. P-V/1999.....	62
14. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Juchitepec, Méx. P-V/1999.....	63
15. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Coatepec, Méx. P-V/1999.....	64

16. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en, Coatepec, Méx. P-V/1999.....	65
17. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Coatepec, Méx. P-V/1999.....	65
18. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Nanacamilpa, Méx. P-V/1999.....	66
19. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en, Nanacamilpa, Méx. P-V/1999.....	67
20. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Nanacamilpa, Méx. P-V/1999.....	68
21. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Potzumarán, Méx. P-V/1999.....	69
22. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en, Potzumarán, Méx. P-V/1999.....	69
23. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Potzumarán, Méx. P-V/1999.....	70

INDICE DE FIGURAS

1. Porcentaje de daño máximo del área foliar y del rendimiento con y sin fungicida en cada una de las cinco localidades.	54
2. Porcentaje de daño máximo del área foliar y del rendimiento con y sin fungicida promedio de las cinco localidades.	58

RESUMEN

EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN GENOTIPOS MEJORADOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.), POR DAÑO DE ENFERMEDADES FOLIARES CAUSADAS POR HONGOS EN AMBIENTES DE TEMPORAL EN MÉXICO.

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es esencial en la dieta de los mexicanos y en la economía del país. México se caracterizó por ser autosuficiente, sin embargo, durante la última década se han generado faltantes que superan un millón de toneladas. El área sembrada de trigo bajo riego se ha reducido, mientras que el área de temporal se ha incrementado en los últimos años, sobre todo en los Valles Altos de México. Las condiciones ambientales en los diversos lugares de cultivo, permiten el desarrollo de enfermedades que limitan la producción. Con la finalidad de evaluar el efecto de las enfermedades foliares en el rendimiento, así como la resistencia de los nuevos genotipos liberados por INIFAP, se realizaron investigaciones en Chapingo, Juchitepec y Coatepec, Mex., Nanacamilpa, Tlax. y Potzumarán, Mich., en donde se evaluaron 10 genotipos en un diseño experimental de Bloques completos al azar, con tres repeticiones en arreglo de parcelas divididas; ubicando en las parcelas grandes los tratamientos con y sin fungicida y en las chicas los genotipos. Se evaluó las variables directas: días a la floración, días a la madurez, altura de planta, rendimiento de grano y daño máximo del área foliar, y las variables indirectas biomasa, índice de cosecha, espigas por metro cuadrado, peso de 1000 granos, granos por metro cuadrado, espiguillas por espiga, granos por espiga y granos por espiguilla. En forma general los nuevos genotipos (F2000), presentaron mejores características por su tolerancia y por su rendimiento superior a los genotipos testigo. Particularmente Rebeca F2000 alcanzó la mayor producción y le siguieron los genotipos Tlaxcala F2000, Juchi F2000 y Náhuatl F2000.

PALABRAS CLAVE: Tolerancia, mejoramiento genético, royas, rendimiento.

ABSTRACT

EFFECT OF FOLIAR DISEASES ON BREAD WHEAT CULTIVARS IN RAINFED ENVIRONMENTS IN MEXICO.

Bread wheat is essential in the Mexicans's diet and in the economy of the country. Mexico was characterized to be self-sufficient, however, during the last decade has been generated a deficit over a million tons. The wheat-irrigated area has been downsized, while rainfed area has been increased in the last years, environmental conditions in most of the cultivation areas enables diseases that limit the grain yield. In order to evaluate the effect of the foliar disease on grain as well as identify resistant genotypes released by INIFAP, a group 10 genotypes were evaluated with and without fungicide at Chapingo, Juchitepec, Coatepec, Mex., Nanacamilpa, Tlax. and Potzumarán, Mich.. The experiment was carried out using a random complete blocks design with three repetitions and split-plot of treatments; locating treatments in the main plots and genotypes in subplots. Evaluation was based on days to flowering, days to maturity, plant height, grain yield and maximum foliar damage, biomass, crop index, spikes for square meter, weight of 1000 grains, grains for square meter, spikelets for spike, grains for spike and grains for spikelets. Recently released cultivar (F2000) showed those better characteristics for their disease tolerance and grain yield than control cultivars. The cultivar Rebeca F2000 showed highest grain yields followed by Tlaxcala F2000, Juchi F2000 and Náhuatl F2000.

Key words, disease tolerance, genetic improvement, rust, yield.

INTRODUCCION

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es la principal fuente de carbohidratos para la humanidad, se consume en forma directa como harinas, pan, galletas, pasteles, etc., y en agroindustria para la extracción de almidón. El trigo es un cultivo anual y debido a su gran variabilidad genética, es sembrado en muchos lugares en el mundo, en cualquier fecha del año en algunos lugares, mientras que en otros es un cultivo de invierno-primavera; se cultiva casi desde el nivel del mar hasta más de 3,000 msnm. Se adapta a toda clase de suelos, pero prefiere los suelos francos, con presencia de humedad.

El trigo es esencial en la dieta alimenticia de la población mexicana y un producto básico en la economía del país, motivo por el cual se siembra en casi todos los estados de la república. Se ubica como el cuarto cultivo en importancia (maíz, frijol, sorgo y trigo), tanto por el número de productores como por la superficie que ocupa el cultivo. México se caracterizó por ser autosuficiente en la demanda de trigo durante la década de los sesenta hasta los ochenta, sin embargo, durante la última década se han generado faltantes que superan un millón de toneladas (Villaseñor, 2000).

Los estados productores más importantes son Sonora, Sinaloa, Guanajuato, Baja California Norte y Chihuahua, los cuales aportaron el 77% de la producción total nacional en 1990 (INEGI, 1995); en estas entidades la producción se realiza bajo riego, y en los mismos años la baja rentabilidad y la escasez del agua han originado una reducción en el área sembrada. Mientras que las siembras de trigo de temporal se han incrementado en las últimas dos décadas, sobre todo en la región de los Valles Altos de México que comprende a los estados de Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y México. El problema principal del cultivo de trigo en estas zonas es que se siembra en condiciones de temporal y en altitud de más de 2000 msnm (Ayón, 1989; Blanco, 1998). La gran variabilidad de condiciones ambientales en los diversos lugares de cultivo permite el desarrollo de enfermedades que limitan la producción.

Las enfermedades fungosas son una de las causas más importantes que disminuyen el rendimiento de los cereales (Stubbs *et al.*, 1986). En los Valles Altos de México, existe la presencia de enfermedades durante todo el ciclo agrícola; es necesario conocer el nivel de tolerancia, en cada una de las líneas de trigo en los diferentes lugares importantes del cultivo, antes de la liberación de una variedad comercial, así como su etiología, biología, epidemiología e importancia de los patógenos que se presentan.

Las nuevas tendencias alimenticias exigen producir alimentos libres de productos químicos, sanos, inocuos a la salud humana y al ambiente (Agricultura Orgánica e Inocuidad Alimentaria), que han impuesto nuevos retos a la agricultura tradicional, por lo cual los científicos y técnicos deben desarrollar variedades resistentes a los factores bióticos y abióticos que merman la producción. El INIFAP realiza esfuerzos permanentes en la búsqueda y obtención de germoplasma de trigo resistente a esos factores, el que debe ser evaluado antes de poder ofrecerlo al agricultor como variedades más productivas.

Por la importancia de este cultivo y debido a las pérdidas que causan las enfermedades foliares se realizó la presente investigación que persigue los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las enfermedades fungosas foliares más importantes en genotipos de trigo de temporal y cuantificar las pérdidas sobre el rendimiento.
- Cuantificar el nivel de tolerancia de las nuevas variedades generadas recientemente (F2000) en comparación con las variedades testigo (susceptibles).
- Determinar si en algunos de los genotipos del ensayo se presentan niveles de resistencia y/o tolerancia a uno o más de los patógenos evaluados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del trigo en la alimentación mundial

El IFPRI (International Food Policy Research Institute), proyecta que la demanda global para los cereales se incrementará en un 41% entre 1993 y 2020, lo que representa 2,739 millones de toneladas, que significa un incremento del 63%, es decir 306 millones de toneladas (Prinstrup-Andersen, 2000).

La importancia que ha tenido el trigo en la alimentación de la humanidad a través de la historia fue y será más importante en el futuro, sobre todo en los países en desarrollo, que se estima consumirán para el año 2020 las dos terceras partes de los 775 millones de toneladas que va a demandar el mundo para alimentarse (Pingali, 1999).

¿Cómo se reunirán los aumentos esperados en la demanda de los cereales?. Se estima que la producción para suplir tal demanda se logrará a través de aumentos de productividad; los aumentos en el área cultivada contribuirán menos del 20% del aumento en la producción global de los cereales entre 1993 y 2020. La mayoría del crecimiento se concentrará en elevar la productividad relativamente baja en Africa. Habrá alguna expansión en América Latina, pero permanecerá casi estancado en Asia. Sin embargo, la velocidad del incremento anual de la mayoría de cereales está proyectado que va a reducirse durante 1993–2020. Las dos razones claves para los bajos crecimientos del rendimiento son: (1) en regiones donde la recuperación de la inversión es alta, como partes de Asia, en donde los granjeros están acercándose económicamente a niveles óptimos y es difícil sostener las mismas tasas de incremento en el rendimiento; y (2) la tendencia descendiente de los precios mundiales del cereal están causando que los agricultores cambien a cultivos más rentables y que los gobiernos reprogramen su inversión en investigación agrícola, irrigación y otra infraestructura (Prinstrup-Andersen, 2000).

El trigo pertenece a cuatro especies del género *Triticum*, los cuales contienen un múltiplo del juego básico haploide de siete cromosomas por gameto. *T. aestivum*, conocido como trigo hexaploide, panadero, harinero o común, es el más cultivado y más importante económicamente; su cultivo se extiende prácticamente a todo el mundo (Villaseñor, 2000).

Los cinco principales países productores de trigo en el mundo, en orden de importancia son China, E.U.A., India, Rusia y Francia. China produce cerca del 20% del volumen mundial, sin embargo, importa poco más de 8 millones de toneladas para cubrir sus necesidades como consecuencia de su alto consumo per cápita (94 kg al año) y de su elevada población (Pingali, 1999).

En el mundo se siembra trigo en alrededor de 75 países con producciones representativas y en el mercado internacional se registra que participan 121. La producción mundial es superior a los 579 millones de toneladas. Dentro de los exportadores destacan, en orden de importancia E.U.A., Canadá, Francia y Australia con 28, 17, 15 y 14 millones de toneladas respectivamente, aportando el 82% del total (Pingali, 1999).

Se puede estimar el déficit de trigo para el año 2020 en función del crecimiento de la producción mundial durante la última década, en donde a finales del siglo 20 el crecimiento por año fue tan sólo 1.2%. Tomando como referencia esa tasa de crecimiento, se estima que durante los siguientes 20 años (2020) la producción mundial puede alcanzar la cifra aproximada de 720 millones de toneladas, 55 millones menos que la demanda proyectada (Villaseñor, 2000).

2.2. Producción de trigo en México

El aumento de la superficie y de la productividad se reflejó en 1957 con el logro de la autosuficiencia nacional y en 1985 en la cosecha récord que sobrepasó los 5 millones de toneladas (Rodríguez, 1992).

La reducción de la superficie sembrada y de la producción de trigo en México se reflejó en el desabasto nacional y fue consecuencia de la problemática que ha tenido este cereal sembrado bajo condiciones de riego, en donde destaca lo siguiente: 1) Problemas fitopatológicos como el carbón parcial, que ha limitado seriamente la siembra de trigo harinero en Sonora y Sinaloa. 2) Escasez de agua para la siembra, ya sea por la baja captación de agua lluvia por escorrentía de las principales obras hidrológicas o debido al encarecimiento del agua de bombeo por los altos costos de extracción. 3) Por último, la baja rentabilidad del cultivo como consecuencia del incremento de los costos de inversión y del estancamiento o de la baja del precio del cereal (Villaseñor, 1992).

2.3. Perspectivas del trigo en México

La producción de trigo en México no escapa de la tendencia observada en el mundo, incluso su reducción fue sumamente marcada debido a la disminución de la superficie cultivada bajo riego; por ejemplo, en 1985 se cultivaron casi un millón de hectáreas, mientras que para 1997 se dejó de sembrar cerca de 400 mil hectáreas.

Es evidente que a futuro habrá problemas para surtir las necesidades de trigo demandado en el mundo, por lo que este grano básico se convertirá en instrumento estratégico para que los países desarrollados-exportadores influyan más en la vida de los países en vías de desarrollo-importadores, como México, cuya evolución se puede ver en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Incremento de las importaciones de trigo en México

CANTIDADES	AÑOS								
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Miles de toneladas	317	352	1077	1741	1414	1223	1980	1801	2468
Millones Dólares	46,3	67,0	163,5	232,8	189,3	217,1	427,2	307,7	339,4

Fuente: SAGAR, 1987-1995; Consejo Nacional Agropecuario, 1999.

Se considera difícil que la producción de trigo bajo riego retome los niveles alcanzados en 1985, por factores como: altos costos de producción, baja rentabilidad, escasez de agua

para la siembra, salinización del suelo y agua, enfermedades, alto costo en flete y almacenamiento, baja calidad industrial, cultivos alternativos más rentables, etc. (Villaseñor, 2000).

La perspectiva de las siembras irrigadas de trigo será tratar de mantener el nivel actual de producción, a expensas de mantener la misma productividad y superficie sembrada, pero bajo la concepción de ser más eficientes en torno al menor gasto de energía en el acondicionamiento del terreno y en menor suministro de insumos como semilla, fertilizantes, agua, pesticidas, etc., con el objeto de producir grano que sea rentable y competitivo con el trigo importado.

La superficie sembrada de trigo bajo temporal en el país se ha incrementado a partir de 1970 hasta en 285% (1996), con un promedio por año de 11.9% y de manera irregular a través del tiempo. La productividad se ha incrementado en ese período de prácticamente 1.1 a 2.2 ton/ha, a razón de un crecimiento por año de 2.8%, como consecuencia de la mayor tecnificación del cultivo, sobre todo en el uso de variedades mejoradas (Villaseñor, 2000). Por lo cual las perspectivas del cultivo de trigo bajo temporal son amplias para lograr incrementos importantes en la producción nacional y por consiguiente la autosuficiencia.

En la actualidad el déficit de trigo en México es del orden de 1.8 millones de toneladas (Pingali, 1999); esta cifra podría surtirse aumentando la siembra de 600 mil hectáreas bajo condiciones de temporal. Para el año 2020 se estima que México demandará 6.5 millones de toneladas, de las cuales 3.5 millones pueden cosecharse en las áreas irrigadas y que los 3 millones restantes podrán obtenerse en 1.2 millones de hectáreas bajo temporal, perspectiva factible de alcanzar siempre y cuando se disponga de tecnología de punta y se brinde a este cereal apoyo federal y estatal para impulsar programas de fomento que incentiven la participación de los diferentes sectores involucrados con este grano básico (Villaseñor, 1992).

2.4. Importancia de las enfermedades en la producción de trigo.

Las plagas (hongos, bacterias, insectos, nematodos, etc.) viven y se alimentan de muchas plantas, lo que puede producir una alteración en su anatomía y/o fisiología normal que se conoce como enfermedad y generalmente causa disminución en el área foliar, que a su vez ocasiona disminución de la fotosíntesis, extracción de nutrientes de las hojas por el patógeno y retraso en el crecimiento, que depende este último del grado, intensidad del daño y de la susceptibilidad del hospedante (SARH, 1992; Agrios, 1998), que en su momento ocasionará disminución en la calidad o cantidad de la producción.

Existen algunos estudios sobre las enfermedades del trigo bajo temporal en México: Ayón (1989), señala que las principales enfermedades foliares que causan problemas en la región de Juchitepec, Estado de México son: *Septoria tritici*, *Fusarium nivale*, *Helminthosporium tritici-repentis* y *Fusarium graminearum*, presentándose con una incidencia de 85, 70, 55 y 30%, respectivamente, ocasionando mala calidad del grano.

De estas enfermedades, *Fusarium graminearum* es la principal, ya que causa daño a la espiga y ocasiona pérdidas de 16 y 17% en el rendimiento con una severidad de 60 y 70%, dependiendo de la variedad y condiciones ambientales que se presenten en la zona (Ireta, 1986).

Blanco (1998), indica que los hongos patógenos que se presentaron durante el ciclo agrícola en las áreas de Juchitepec y Coatepec, Estado de México fueron: *Helminthosporium tritici-repentis*, *Septoria tritici* y *Fusarium nivale*.

El incremento del monocultivo, la reducida diversidad de los cultivos para rotación y el uso de herbicidas han incrementado los rendimientos, pero también han aumentado la vulnerabilidad a las plagas. Las plagas tienden a desarrollar resistencia al pesticida y exigen un mayor uso para sostener la producción (Prinstrup-Andersen, 2000).

El excesivo e inadecuado uso de pesticidas han llevado a un aumento de las epidemias, pérdidas adicionales debido al resurgimiento de la peste, la destrucción inadvertida de enemigos naturales de las plagas, resistencia o resurgimiento de la plaga y de plagas secundarias (Prinstrup-Andersen, 2000), por lo tanto es necesario y urgente buscar nuevas alternativas de control como el MIP.

2.4.1. Manejo integrado de plagas (MIP).

No hay ningún acuerdo sobre el significado de MIP. Pero si hay acuerdo general que el uso indistinto, excesivo e ineficaz de pesticidas exige un costo demasiado alto en la salud humana, seguridad ambiental y disminuyen los ingresos que no justifican cualquier aumento a corto plazo en el ingreso de la granja o rendimientos. Los defensores con perspectivas variantes están de acuerdo que el MIP, debe ser científico y económicamente viable para pequeños y grandes agricultores. El énfasis de este control está en anticiparse a los problemas de la plaga e impedirles alcanzar niveles perjudiciales económicamente (Prinstrup-Andersen, 2000). Las estrategias según este mismo autor incluyen:

- Control biológico, como proteger, reforzar y liberar enemigos naturales de plagas, ejemplos: insectos, nematodos, caracoles, etc.
- Prácticas culturales, tales como barbechos, fechas de siembra, manejo ecológico de cultivos, reducir tamaño del campo y la distancia a los hábitats de los enemigos naturales, uso de barreras, rotación de cultivos, coberturas de cultivos, buen control mecánico de malezas, mejor manejo de los residuos de las cosechas, uso eficiente del agua, monitoreo y supervisión de las plagas.
- Químico, con menos uso de químicos sintéticos a favor de biopesticidas o pesticidas bioquímicos (feromonas, reguladores de crecimiento del insecto y hormonas que modifican la conducta de la peste y su reproducción).

- Genético, el uso de variedades naturalmente resistentes, nuevas variedades obtenidas para resistencia o variedades transgénicas, así como la esterilización para disminuir o detener la reproducción.
- En este enfoque del MIP, la mejor estrategia en el caso del ataque de hongos es el uso de variedades resistentes, por lo tanto se presentará un estudio más extenso de este tema.

2.4.2. Hongos patógenos que atacan al trigo en México

Las enfermedades de mayor importancia actual que afectan al trigo son: roya de la hoja (*Puccinia recondita*), roya negra del tallo (*P. graminis*), roya lineal o roya amarilla (*P. striiformis*), carbones apestosos (*Tilletia caries*, *T. foetida* y *T. controversa*), carbón parcial (*Tilletia indica*), carbón volador (*Ustilago tritici*), tizón foliar (*Septoria tritici*), tizón de las glumas (*S. nodorum*), mancha amarilla (*Helminthosporium tritici-repentis*), mancha foliar (por *Alternaria triticina* o por *Fusarium nivale*), pudrición de la raíz (*Ophiobolus graminis*), mal del pie (enfermedad de la raíz en cereales y pasto) causada por *Gaeumannomyces graminis*, pudrición de la raíz (*Rhizoctonia solani*) y pudrición del pie y de la corona (*Fusarium* spp. y *Pythium* spp), entre otras (Zillinsky, 1984; Prescott *et al.*, 1986).

2.4.2.1. Roya de la hoja (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* (Sin. *P. rubigovera* (D.C.) Wint., *P. triticina* Eriks.))

2.4.2.1.1. Importancia

Este hongo se encuentra ampliamente distribuido y aunque esta enfermedad rara vez causa el 100% de pérdidas, los ataques severos en las primeras etapas de desarrollo del cultivo pueden ocasionar reducciones hasta del 70% del rendimiento del grano; mientras que niveles similares de infección cuando el grano se encuentra en el estado masoso, reducen el rendimiento alrededor del 10%. Ataques severos de *P. triticina*, también disminuyen la altura de la planta y la cantidad de raíces. Es una enfermedad muy seria que

ataca trigo, centeno, triticale y diversos pastos. Las reducciones en el rendimiento son mayores conforme la planta es atacada en etapas más tempranas de su desarrollo, produciendo hasta la muerte de la planta si la infección aparece durante el estado de amacollamiento (SARH, 1992). En estos últimos años, los daños por este hongo han venido aumentando considerablemente, por ejemplo, en el ciclo 1976-1977 la variedad Jupateco sembrada en Sonora y Sinaloa hubieran sido destruidas casi totalmente por este patógeno de no haber funcionado el Bayleton (primer fungicida utilizado en trigo); este hongo se presentó en alto porcentaje por pérdida de resistencia de la variedad y por la humedad y temperatura favorables al hongo lo que ocasionó pérdidas en la producción del grano en un 40%, excediendo este porcentaje de pérdidas en campos sin tratamiento de fungicidas. También es de cuidado este hongo en Canadá, Estados Unidos y Europa (Romero, 1993; Dubin y Torres, 1981).

Las plantas severamente atacadas disminuyen su rendimiento y el grano que llega a formarse es arrugado, de poco peso y de bajo contenido de proteínas (Romero, 1988; Agrios, 1978).

2.4.2.1.2. Signos y síntomas

P. recondita produce uredosporas ovales a redondas, equinuladas, teliosporas oblongas a cuneiformes, lisas, con una pequeña constricción al nivel de septa redondeadas en su célula apical, con poco engrosamiento de la pared en el ápice y de color castaño (Mendoza, 1993).

Uredosporas subglobosas de 15 a 30 micras de diámetro, café rojizas y con tres a ocho poros espaciados en sus paredes equinuladas gruesas. Los soros teliales se desarrollan subepidérmicamente y por lo general, en las vainas y envés de las hojas; su tamaño es similar al de las uredias, su color es negro y no son errumpentes. Las teliosporas bicelulares, cuneiformes tienen el ápice redondeado o aplanado y engrosado (Romero, 1993).

Sobre trigo y centeno las pústulas uredinales aparecen dispersas, redondas u oblongas y hasta de 2 mm de longitud; coloración pardo anaranjada que con la edad se hace más oscura; las pústulas aparecen principalmente en las láminas foliares, en las vainas, en torno a los puntos primarios de infección aparecen anillos de uredias y telias negras también pueden distribuirse de esta forma; las telias se desarrollan normalmente en filas sobre las vainas foliares, en forma de soros negros pequeños que permanecen cubiertos largo tiempo por la epidermis. Con la aparición de las uredias y telias, las hojas se van secando y las plantas llegan a morir (Oregon State University Extension, 2000b).

Puccinia recondita desarrolla uredias y telias en el haz de las hojas, aunque también pueden llegar a observarse en la vaina de la hoja. Las pústulas son más o menos redondeadas, en verano tienen coloración naranja o café naranja (uredias) y en el invierno adquieren una coloración negra (telias). La presencia de un gran número de pústulas en la superficie foliar ocasiona el secamiento de la hoja (Mendoza, 1993).

Las plantas de *Thalictrum* sp. y *Achura* sp., (Yamada, *et al.*, 1973) albergan las formas sexuales de las royas y son fuentes de nuevas formas virulentas y del inóculo temprano de primavera (eciosporas). A veces se forman nuevas razas de royas, independientemente de los hospedantes alternos, por medio de mutaciones y de mecanismos parasexuales en el estado uredial. Con infecciones mezcladas, núcleos o caracteres genéticos pueden intercambiarse entre razas por fusión de hifas (SARH, 1992).

2.4.2.1.3. Biología y Epidemiología

En México se ha definido la existencia de tres zonas epidemiológicas de la roya de la hoja. Una localizada al norte de México, hacia el oriente de la Sierra Madre Oriental, incluyendo desde el estado de Tamaulipas hasta el estado de Coahuila; la segunda, en la parte central de México, en la altiplanicie entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental; y la última, en la región del Pacífico que incluye los estados de Sonora y Sinaloa (Rajaram y Singh, 1985).

Las condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de las royas son temperaturas de 15 a 25°C. Cuando se combina con una alta humedad relativa, la infección se completa en 6 a 8 horas y las uredosporas secundarias se producen en un período de 7 a 10 días (Wiesse, 1977). El patógeno sobrevive de un ciclo a otro en forma de micelio o de uredosporas en cereales de invierno y pastos en las zonas templadas. En los trópicos logra pasar el verano en las áreas más altas y frías. La dispersión de las esporas se favorece en días secos con vientos y las noches frescas con rocío favorecen la germinación de las esporas y la penetración del hongo (Smith *et al.*, 1992).

En general, las royas prosperan cuando hay más del 70% de humedad relativa en el ambiente, pero cada una de ellas tiene requerimientos específicos en lo que se refiere a la temperatura; si predominan las temperaturas bajas, alrededor de 12° C, la roya amarilla va a prosperar; sin embargo, con temperaturas del orden de 20° C, la roya del tallo estará en condiciones óptimas para desarrollarse en todo su esplendor. En lo que corresponde a la roya de la hoja, necesita de temperaturas más altas y tolera fluctuaciones más amplias; por esto se desarrolla activamente entre los 15 a 22° C y no es raro observar infecciones de importancia, aún a temperaturas de alrededor de 30° C. Cuando por alguna anomalía del clima en las regiones trigueras llega a haber lluvias abundantes y días nublados en un año determinado, pueden desarrollarse epifitias de alguna de las royas (Moreno y Alvarez, 1984; Romero, 1988).

2.4.2.2. Roya lineal (*Puccinia striiformis* Westend), (sin. *P. glumarum* Eriks. Henn)

2.4.2.2.1. Importancia

La enfermedad que causa *Puccinia striiformis* recibe el nombre de Roya amarilla, Roya rayada y Roya de las glumas. Se presenta en la región triguera del sur de los Estados Unidos, donde se siembran los trigos de invierno y también en los estados trigueros de la costa del Pacífico, desde Canadá hasta México; es frecuente en Argentina, Canadá, Asia Central, Alemania y otros países de Europa, donde su peligrosidad es mayor que las otras royas; ha causado daños severos en el norte y oeste de Francia, debido quizás a

condiciones del clima. En México, los daños no llegan a mayores, observándose con cierta frecuencia en los valles de Toluca y México. Además del trigo, este hongo ataca a la cebada, centeno y cerca de 60 especies de zacates silvestres (Romero, 1993).

2.4.2.2.2. Signos y síntomas

Las uredias se presentan en líneas amarillas, angostas y conspicuas sobre las hojas y vainas. Las uredosporas son amarillas, más o menos esféricas y grandes, con un diámetro de 28 a 34 micras (Zillinsky, 1983); según Romero (1993), son de color amarillo anaranjado y de 20 a 30 micras.

Las teliosporas son de color café oscuro a negro y tienen dos células con paredes gruesas. Son similares en tamaño y forma a las de *P. recondita*, salvo que el ápice es aplanado y no redondeado (SARH, 1992; Romero, 1988). Las glumas con frecuencia se infectan. Durante el desarrollo telial se forman estrías negras y angostas en las hojas (Zillinsky, 1984).

Esta roya se distingue fácilmente porque las pústulas que produce son de color amarillo, pequeñas (0.3-0.5 x 0.5-1.0 mm) y arregladas en línea a lo largo de los haces vasculares. Es la única roya que ataca a las glumas y granos e impide su desarrollo (Romero, 1993). Se encuentran dispuestas linealmente en la lámina foliar, vainas, glumas y barbas. Aparece primeramente en las hojas basales. En ataques muy severos, la lámina foliar se necrosa y se desprende longitudinalmente. Afecta el amacollamiento, el número de granos por espiga y el llenado de los granos, con lo cual disminuyen significativamente los rendimientos (Latorre, 1999).

2.4.2.2.3. Biología y epidemiología

Las uredosporas son diseminadas por el viento a corta o larga distancia desde su origen. Se desconocen los hospederos alternantes. Sobreviven como uredosporas en restos de plantas enfermas, en plantas voluntarias de trigo y en numerosas gramíneas hospederas

silvestres. Favorecen su desarrollo las temperaturas entre 10 y 15° C y sobre los 22° C se limita. Lluvias o rocíos intermitentes son necesarios para la infección (Latorre, 1999). Esta roya se encuentra en México en lugares altos, por su requerimiento de temperatura, el hongo ataca el cultivo en cualquier etapa fenológica (SARH, 1992).

2.4.2.3. Roya negra del tallo del trigo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (Pers.) Erik y Henn)

2.4.2.3.1. Importancia

Por los daños que ocasiona al trigo, ha sido mencionado desde la antigüedad por escritores hebreos, griegos y romanos y ha sido objeto de estudios por muchos investigadores a través del tiempo, entre los que según Romero (1993) destacan: Fontana en 1767, Persoon en 1797, los hermanos Tulasne en 1854, Anton de Bary en 1864, Eriksson y Henning en 1894, Stakman en 1917 y recientemente, Borlaug (1997) por lograr las primeras variedades de trigo con resistencia y alto rendimiento.

Este hongo es una forma especial de *Puccinia graminis* Persson, patógeno de los cereales trigo, avena, cebada, centeno, etc.

2.4.2.3.2. Signos y síntomas

Teliosporas predominantemente bicelulares, oblongas a claviformes, pústulas uredospóricas café cobrizas, alargadas, ovales o ahusadas en número de 8-10, aparecen en las hojas y en las cañas cuando persisten condiciones ambientales húmedas, con lluvias o rocíos frecuentes y temperaturas sobre 20° C. En ataques severos, gran parte de la planta se observa de un color anaranjado o cobrizo; se afecta el amacollamiento, el llenado de granos y el rendimiento disminuye significativamente. Las pústulas teleutosóricas, negras, se desarrollan en el follaje y en las cañas envejecidas, hacia fines de la temporada de desarrollo del cultivo (Latorre, 1999). Las plantas infectadas producen menos retoño y pocos granos por espiga, siendo estos pequeños, arrugados y de escasa calidad nutricional. Bajo condiciones extremas, las plantas muy infectadas mueren y

ocasionan pérdidas que alcanzan niveles de destrucción muy altos; trigales enteros pueden ser devastados por este patógeno (Romero, 1993).

2.4.2.3.3. Biología y epidemiología

Puccinia graminis tritici, ataca a dos hospedantes diferentes, trigo y al agrasejo (*Barberis* sp). En trigo ocasiona pústulas o ampollas alargadas, angostas, elípticas paralelas al eje longitudinal del tallo, hoja o vaina foliar. En fases avanzadas de crecimiento también se forman pústulas en el cuello y glumas de la espiga. Con el tiempo, la epidermis que cubre a las pústulas se rompe y enrolla hacia atrás dejando al cubierto una masa de esporas de color rojo ladrillo, las uredosporas. Estas pústulas también llamadas uredias, varían en tamaño, desde muy pequeñas hasta cerca de 10 mm de largo por 3 mm de ancho, dependiendo inversamente de la resistencia de la variedad (Romero, 1993).

En el otoño, cuando las plantas se acercan a la madurez, el color rojizo de las pústulas cambia a negro porque el hongo produce teliosporas, que son unas esporas negras, bicelulares y de paredes gruesas, especiales para soportar el invierno (Romero, 1993).

Sobrevive durante el verano o el invierno en estado de uredosporas o teleutosporas en restos de cultivos enfermos. Las teleutosporas sólo tienen importancia en donde existen los hospederos alternantes: *Berberis vulgaris*, *B. canadiensis*, *B. fendleri* y *Mahonia* sp. Las uredosporas son transportadas por el viento a cortas y largas distancias para la diseminación del hongo (Latorre, 1999).

2.4.2.4. Tizón foliar o Mancha de la hoja (*Helminthosporium sativum* (= *Cochliobolus sativus*))

2.4.2.4.1. Importancia

Este patógeno fue redescrito por Sacardo en 1892, como *H. sorokinianum*, nombre que fue cambiado a *H. sativum* por Luttrell (Romero, 1993).

Al evaluar pérdidas causadas por un complejo de enfermedades, éstas fueron de 22 a 59% y las debidas a daño foliar fluctuaron entre 7 y 36% (Kohli, 1985). Las pérdidas ocasionadas por este patógeno en Zambia fluctúan entre 45 a 85% en trigo (Raemaerker, 1985). También se reportan pérdidas del 40 al 80% y en algunos casos hasta del 100% en Brasil (Mehta, 1993).

Esta especie parasita trigo, triticale, cebada, centeno y varios pastos; causa tizón de plántulas, pudrición de raíz y manchas en las hojas y granos (Romero, 1993).

2.4.2.4.2. Signos y síntomas

Los conidios son negros y brillantes bajo aumentos pequeños, pero con aumentos mayores se ven de color café olivo oscuro; tienen paredes gruesas y típicamente de 5 a 9 septas, son elípticos pero pueden ser rectos o ligeramente curvos y miden de 60 a 120 micras por 12 a 20 micras (Zillinsky, 1984).

El estado sexual de *H. sativum* es *Cochliobolus sativus* según Dickson en 1956 citado por Blanco en 1993 e indica que produce pseudotecios de color negro a café, globosos con pico ostiolar de 340 x 470 micras de largo y 370 x 530 micras de ancho y ascas claviformes bitunicadas que miden 160 a 360 micras de largo por 31-40 micras de anchura; usualmente son ocho ascosporas por asca.

Eventualmente las plántulas severamente afectadas mueren. Es común que esta enfermedad ocurra junto a la fusariosis y a menudo se favorece en suelos templados a cálidos con déficit hídrico. Durante el espigamiento y cuando persisten condiciones excesivamente húmedas, aparecen pequeñas manchas (1-1.5 cm largo), cafés, alargadas u ovals en las hojas basales y en las glumas. Se presenta en sectores relativamente delimitados y distribuidos completamente al azar en el campo (Latorre, 1999 y Alvarez, 1992).

2.4.2.4.3. Biología y epidemiología

La infección ocurre antes o durante la emergencia y se evidencia por una necrosis, podredumbre de las raíces, coleóptilos y corona, por una clorosis y detención parcial del crecimiento. Las conidias se diseminan con el viento y posiblemente por las lluvias. Sobrevive principalmente en estado de micelio o conidias, asociado a restos de cultivos enfermos que permanecen sobre el suelo desde un cultivo al siguiente (Latorre, 1999).

El estado perfecto rara vez se presenta en la naturaleza. Este hongo tiene también la capacidad de sobrevivir como saprófito en tejido vegetal muerto (Zillinski, 1984). y en el suelo (Leyva, 1998). Los factores que favorecen la incidencia cuando es transmitida por semilla, son principalmente las temperaturas bajo 5° C. El desarrollo de esta enfermedad es mucho más rápido a temperaturas sobre los 20° C (Leyva, 1981).

2.4.2.5. Mancha amarilla de la hoja o Mancha bronceada (*Helminthosporium tritici-repentis*, (*Pyrenophora trichostoma* Syn. *P. tritici-repentis*, *Drechslera tritici-repentis*)). Prescott *et al.*, (S/F).

2.4.2.5.1. Importancia

Este hongo es conocido desde 1902 en Alemania, 1950 en Australia, 1954 en Kenia y 1971 en Estados Unidos; fue observado por primera vez en México durante el verano del ciclo agrícola 1980-1981, en el estado de Michoacán (Romero, 1993). Por su sintomatología, la enfermedad ha recibido los siguientes nombres: mancha amarilla de la hoja, mancha de la hoja, atizonamiento de la hoja de trigo, mancha bronceada y mancha ocular. El primer dato sobre pérdidas graves se reportó en Kenia en 1954 con pérdidas del 75% de la producción. En 1971, en Estados Unidos se reportan pérdidas que van del 12.9 al 19% del grano. En Austria y Nepal a partir de 1950, la enfermedad ha ido en aumento. En México en 1988 se reporta la presencia de la enfermedad con una severidad del 40 al 50% (Arce, 1989). Esta enfermedad se encuentra presente en los estados de Michoacán y México principalmente, y se considera un problema potencial para el cultivo

del trigo. El hongo tiene como fase sexual a *Pyrenophora tritici-repentis*, la cual se encuentra en el estado de Michoacán (Leyva y González, 2000).

2.4.2.5.2. Signos y síntomas

Helminthosporium tritici-repentis, es el estado imperfecto de *Pyrenophora trichostoma* (Wiesse, 1977).

Fase conidial. Este hongo produce conidioforos simples, erectos, de color café olivo, miden de 7 a 8 micras x 100 a 300 micras y tiene la base hinchada. Los conidios son subhialinos, cilíndricos 4 a 7 septas y miden 12-21 x 45-200 micras. La célula basal es de forma cónica, semejando la cabeza de una víbora (Wiesse, 1977). Según Romero (1993), los conidioforos salen por los estomas, solitarios o en grupos de 2-3, poseen 3-6 septas y miden de 7 a 9 por 80 a 120 micras; los conidios pueden tener de 1 a 9 septas.

Fase ascal. Se presenta en tallos, hojas y vainas de plantas muertas de trigo; durante el otoño se forman numerosos pseudotesios errumpentes, globosos a alargados, cubiertos por setas negras puntiagudas. Las ascas bitunicadas, subcilíndricas, miden de 170 a 215 x 43 a 50 micras y producen ascosporas café claras, divididas por tres septas transversales y ocasionalmente por 1 a 2 septas longitudinales; su tamaño varía de 47 a 70 x 18 a 70 micras (Romero, 1993), según Wiesse (1977), son claviformes, producen ascosporas ovales a globosas de 18-28 x 45-70 micras y con 3 septas transversales y 1-2 longitudinales. Los pseudotesios se forman en los tallos de trigo o rastrojo de pastos, son negros, miden 200 x 350 micras de diámetro y están cubiertos por setas.

2.4.2.5.3. Biología y epidemiología

La epidemiología de esta enfermedad ha sido estudiada en Dakota del Norte. Los pseudotesios se forman en el rastrojo de la cosecha, los cuales al madurar durante el otoño e invierno, liberan ascosporas durante períodos húmedos, principalmente durante la floración. Las ascosporas van a ser el inóculo primario y son seguidas por los conidios,

producidos en el rastrojo (Raymond *et al.*, 1985). En Estados Unidos, el inóculo primario de *H. tritici-repentis* se ha encontrado principalmente en el rastrojo. En Canadá, se ha encontrado que un número bajo de conidios ha llegado a afectar a las plantas de trigo, lo cual significa que no es necesario que haya mucho inóculo en el suelo para que se pueda presentar la enfermedad.

En Australia se ha encontrado *H. tritici-repentis* atacando a varios pastos, por lo que posiblemente de estos pastos se pase al cultivo de trigo. Se ha visto que los conidios se producen en mayor cantidad cuando hay poca luz o está oscuro y después de que han sido humedecidos los tejidos de la planta (Rees y Platz, 1979).

El porcentaje de germinación y el número de tubos germinativos por conidio está directamente relacionado con la resistencia del hospedante; en general las lesiones empiezan a formarse 9 días después de la penetración del patógeno (Larez *et al.*, 1986). La germinación de conidios, formación de apresorios y penetración de la epidermis se lleva a cabo después de 12 horas de haberse producido la inoculación. Las hifas se van a producir entre las células del mesófilo después de 12 horas. La formación de papilas en el apresorio se lleva a cabo después de 24 horas de inoculación y después de 2 días de la inoculación, las hifas intracelulares emergen de los sitios de infección del mesófilo; esto ocurre en variedades susceptibles, en cambio en variedades tolerantes la emergencia de las hifas ocurre 3.5 días después de la inoculación. Las lesiones se manifiestan a los 5 días en variedades susceptibles y a los 10 días en variedades tolerantes (Loughman y Deverall, 1986).

Los requerimientos de temperatura para que se pueda desarrollar *H. tritici-repentis* es de 10-25° C con un óptimo de 21° C (Khan *et al.* en 1971, citado por Blanco, 1998). La humedad suministrada antes de la inoculación no actúa como agente predisposicional a la enfermedad, ya que no se incrementa significativamente la intensidad y severidad de la infección, con respecto a tratamientos que no la recibieron; sin embargo, la humedad aplicada después de la inoculación fue esencial para producir síntomas de tizón en la hoja

(Gilchrist *et al.*, 1984). Para que se produzca una abundante esporulación de *H. tritici-repentis*, se requiere que la humedad relativa sea de 83-85% durante el día y al anochecer se podrá llevar a cabo la liberación de conidios (Platz y Morrall, 1980).

2.4.2.6. Tizón de la espiga (*Fusarium nivale* (Fr.) Snyder y Hansen)

2.4.2.6.1. Importancia

Fusarium nivale es considerado como un patógeno muy importante en las zonas templadas y frías de todo el mundo; su síntoma es llamado moho niveo de los cereales de invierno. Produce infecciones en las plantas y pudriciones en las raíces cuando existen temperaturas frías (Zillinsky, 1984; Prescott *et al.*, 1986). Es particularmente frecuente en trigos de invierno y en lugares de clima lluvioso y fresco, como el valle de Toluca, México (Romero, 1993).

Este hongo ha reducido la producción hasta en un 30%. Ha sido encontrado en el norte de Japón, Asia, Siberia, norte de Escandinavia, atacando al cultivo de trigo y ocasionando pérdidas. Cuando sobrevive en la semilla va a ocasionar una pudrición de la raíz y a parte de ello una decoloración de las hojas en la parte basal de la planta, reduciendo la producción hasta en un 30% (Jamalainen, 1974).

Este hongo ataca muchas gramíneas como trigo, cebada, centeno y avena. Los ataques graves pueden llevar a una pérdida del 10 hasta el 20% del peso de 1000 granos (Smith *et al.*, 1992).

2.4.2.6.2. Signos y síntomas

En los esporodoquios se producen numerosos conidios hialinos en forma de hoz. Los conidios maduros son de tamaño uniforme, miden de 20 a 28 micras x 2.5 micras con tres septas (Zillinsky, 1984). Los Macroconidios son gruesos, no puntiagudos de pared gruesa y de anchura máxima 4.5-5.5 micras. Las ascosporas son hialinas con 1-3 septas. Los

macroconidios en general son 1-3 septados. No hay clamidosporas. Las colonias producidas in vitro tienen un micelio blanco y rosado (Smith *et al.*, 1992).

A *Fusarium nivale* se le conoce por los síntomas que ocasiona como moho blanco o mancha foliar. Por su fase asexual y sexual se ubica en las clases Deuteromycetes y Ascomycetes, respectivamente, es decir la fase asexual es *Fusarium nivale* y la fase sexual *Mycosphaerella nivalis* (Wiesse, 1977). Se ha encontrado que en las lesiones viejas el tejido foliar se hace quebradizo y tiende a agrietarse. Conforme las lesiones envejecen los esporodoquios se vuelven amarillentos (Zillinsky, 1984).

En ataques tempranos, generalmente y como consecuencia del uso de semilla infectada, las plántulas se atizonan parcial o totalmente y aparecen lesiones necróticas ennegrecidas en las raíces y en los coleóptilos. Puede producir una importante pérdida de plántulas durante o inmediatamente después de la emergencia del cultivo. En cultivos establecidos, los principales síntomas son clorosis, enanismo, maduración anticipada, semillas vanas y una pudrición parcial o total de la corona y de las raíces. El micelio del hongo causal invade los internudos basales de las cañas, las que se tornan de un color pardo oscuro y un moho rosado suele colonizar superficialmente los tejidos bajo las vainas. Las plantas severamente atacadas eventualmente mueren (Latorre, 2000).

2.4.2.6.3. Biología y epidemiología

El hongo *Fusarium nivale*, se desarrolla bien a temperaturas de 0 a 30° C, con un óptimo de 22° C, con un pH del suelo óptimo de 6 a 6.5, y es favorecido cuando existe un alto contenido de fósforo y nitrógeno en el suelo, además de la alta humedad ambiental (Dahal, 1934). La infección causada por *F. nivale* es favorecida cuando se encuentra el suelo seco y puede ser dispersado por el agua de riego y vientos principalmente durante el verano (Jones y Clifford, 1983).

Las ascosporas y las conidias son diseminadas por el viento y por la semilla infectada. Sobrevive como micelio, conidias o clamidosporas en semilla infectada y además puede

sobrevivir como micelio o peritecios en residuos infectados de trigo u otras gramíneas. Condiciones cálidas (25-30° C) y húmedas durante el espigamiento, favorecen a esta enfermedad (Latorre, 2000).

2.4.2.7. Roña de la espiga y pudrición de la corona del trigo (*Fusarium graminearum*, Schwabe)

2.4.2.7.1. Importancia

Fusarium graminearum Schw., y otras especies afines, han venido escalando posiciones de importancia dentro de las enfermedades del cultivo de trigo en América y otras regiones trigueras. La fusariosis o roña del trigo causada por *Fusarium graminearum*, estadio asexual de *Gibberella zeae* (Schw) Petch, está muy difundida en el Cono Sur (Kohli, 1985).

Los hospedantes de mayor importancia de *F. graminearum* en Brasil son el trigo, el triticale, la cebada, el maíz y el sorgo (Reis, 1987). Durante mucho tiempo se ha observado la enfermedad en varias regiones del mundo, debiendo su importancia reciente a la extensa difusión del trigo en zonas no tradicionales (Bekele, 1987).

Esta es una enfermedad seria en los cultivos de trigo en China, sur de Brasil, Argentina y Europa Occidental (Zillinsky, 1984).

2.4.2.7.2. Signos y síntomas

El micelio de *F. graminearum*, es hialino, septado; conidios hialinos de dos tipos, macroconidios ovoides pequeños unidos o bicelulares y macroconidios curvos de 3 o más septas agrupados formando esporodoquios (Mendoza, 1993). No forma microconidios pero sí clamidosporas. Los macroconidios se encuentran con frecuencia en la naturaleza; los peritecios también son frecuentes y representan una parte importante en el ciclo del hongo (Smith *et al.*, 1992).

Los macroconidios son producidos en masas de color naranja a amarillo durazno en la base de las espiguillas o en las orillas de las glumas y lemas. Son hialinos, rectos o ligeramente curvos y con frecuencia tienen una célula apical alargada que se curva más abruptamente cerca de la punta. Típicamente miden 25-50 x 2.5-5 micras, aunque algunos exceden estas medidas. No producen microconidios (Wiesse, 1977). La fusariosis de la espiga del trigo causada por *F. graminearum* Shwabe fue descrita por primera vez en los Estados Unidos por Arthur en 1891 (citado por Galich, 1987). Siendo la especie que predomina en Argentina (Galich, 1987). La roña, tizón de la espiga o fusariosis es causada por la fase asexual del hongo denominado *Fusarium graminearum*, cuya forma teleomórfica corresponde a *Gibberella zeae* (Schw.) Perch.

2.4.2.7.3. Biología y epidemiología

Esta enfermedad es conocida como roña, pudrición de la raíz y pudrición de la corona del trigo; tizón de la plántula, pudriciones del tallo y de la mazorca del maíz. Es especialmente importante en las regiones húmedas. Warham *et al.*, (S/F). La forma de infección de *Fusarium graminearum* no es bien conocida, aunque en el período de floración se sospecha como importante (Sutton, 1982).

El estado perfecto se presenta frecuentemente en plantas enfermas y probablemente, desempeñan un papel importante en la perpetuación de la enfermedad de un año a otro. Es la única especie del grupo *Fusarium* que regularmente produce peritecios en la naturaleza (Zillinsky, 1984).

Varias especies de *Fusarium* pueden atacar las espigas de cereales de grano pequeños; los ovarios se infectan antes de la antesis, y la infección es favorecida por clima caluroso y húmedo durante y después del espigamiento. Se requieren temperaturas entre 10 y 28° C para la infección. Una vez ocurrida la infección primaria, la enfermedad se puede extender de florecilla a florrecilla por crecimiento del micelio a través de la estructura del las espigas (Prescott *et al.*, 2000).

2.4.2.8. Tizón foliar (*Septoria tritici* Rob. Ex. Desm.)

2.4.2.8.1. Importancia

Esta enfermedad provoca pérdidas importantes en aproximadamente 50 países y aumenta su presencia principalmente en ambientes fríos y lluviosos.

En México se encuentra presente en las zonas trigueras de los Valles Altos de la Mesa Central y en Pátzcuaro, Michoacán, en donde ataca principalmente a trigo semi-enano con características de precocidad en siembra de temporal (Eyal *et al.*, 1987). Ataca con frecuencia los cereales y especialmente el trigo en años húmedos (Domínguez, 1998). Este hongo ha causado reducción en el peso de grano del 16.2 y 18.6% en las variedades Flameks y Licktill, respectivamente.

En Estados Unidos y Chile se reportaron pérdidas que van del 30 al 50% (Shaner *et al.*, en 1975 y Herrera en 1981, citados por Blanco en 1998). En Uruguay se han reportado pérdidas en rendimiento arriba del 60% (Días *et al.*, 1993).

Septoria tritici es una de las enfermedades más importantes en zonas que tienen condiciones de temporal altamente lluvioso, como son: Toluca y Juchitepec en el Estado de México y Pátzcuaro en Michoacán, en donde las pérdidas en rendimiento van del 30 al 60% (Leyva *et al.*, 1997; Leyva, 1998; Villaseñor, 1992).

2.4.2.8.2. Signos y síntomas

Produce conidios hialinos filiformes, con 2 a 3 septas transversales, típicamente curvados y miden de 43 a 70 micras por 1.4 a 2 micras ó de 43 a 79 micras por 1.5 a 2 micras con la base obtusa y generalmente disminuyendo su diámetro hacia el ápice; se desarrollan sobre células conidiógenas hialinas, raramente septadas, las cuales miden de 10 a 20 micras por 4 a 5 micras. Los pseudotecios de *M. graminicola* sólo se han encontrado en material vegetal muerto, son globosos, de color castaño oscuro y miden de 68 a 114

micras de diámetro. Las ascosporas son bicelulares, elípticas, hialinas, de 9 a 16 micras por 2.5 a 4 micras (Sanderson, 1976).

Aparece primero como manchas de color verde claro a verde amarillento entre las nervaduras. Las lesiones se extienden rápidamente formando manchones irregulares de color castaño claro con una apariencia punteada a medida que se desarrollan los picnidios. Los pequeños picnidios son de color castaño embebidos en las manchas el cual es el síntoma final del diagnóstico de la enfermedad (Dickson, 1963).

Los síntomas son similares en las especies *Septoria tritici*, *S. nodorum* y *S. avenae*, pudiendo coexistir en una misma planta. Primeramente aparecen manchas cloróticas principalmente en las hojas basales, las que se expanden en forma de lesiones necróticas y alargadas, rodeadas por un halo amarillo. *Septoria tritici* produce lesiones ovaladas y lineales relativamente delimitadas por las venas, mientras que *S. nodorum* y *S. avenae* producen manchas necróticas relativamente esféricas (Latorre, 1999).

Frecuentemente, pero no siempre aparecen picnidios visibles como pequeñas puntuaciones negras en la parte central de las lesiones necróticas envejecidas. Las hojas severamente atacadas se tornan amarillas y luego se necrosan completamente. La enfermedad aparece como focos cloróticos y circulares distribuidos al azar dentro del cultivo (Latorre, 1999).

2.4.2.8.3. Biología y epidemiología

Septoria tritici Rob. Ex. Desm., es la fase asexual y la fase sexual es *Mycosphaerella graminicola* (Fuche). Esta enfermedad es común en zonas o en años con abundantes precipitaciones, su desarrollo se favorece con temperaturas de 15 a 20° C, necesita de la presencia de agua para la liberación de las picnidiosporas y sobre 6 horas con follaje mojado, se considera altamente predisponente a las septoriosis. Es particularmente destructiva cuando aparece en los estadios iniciales del cultivo o cuando afecta a la hoja bandera (Arjona, 1975).

Es importante tomar en cuenta las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo, ya que se ha encontrado que los picnidios pueden permanecer 100% viables por 15 días en atmósferas de 35 a 85% de humedad relativa. Después de 15 a 20 días y si se tiene 65% de humedad relativa va a tener una viabilidad del 2%. Cuando se tiene 35% de humedad relativa y 25° C puede permanecer viable un 100% después de 132 días (Shaner y Finney, 1976).

Sobrevive asociado a residuos de plantas enfermas, en plantas voluntarias de trigo o en algunas malezas hospederas, por ejemplo *Avena fatua*. Las picnidiosporas son diseminadas por el arrastre y salpicado producido por las lluvias. El viento las transporta en la medida que dispersa gotas con conidios en suspensión o residuos de trigos infectados en los cuales existan conidios. Las ascosporas son siempre diseminadas por el viento. *Septoria tritici* y *Septoria nodorum* pueden diseminarse también junto a semilla infectada (Latorre, 1999).

2.4.2.9. Tizón de la gluma (*Septoria nodorum* (Berk). Berk)

2.4.2.9.1. Importancia

Se reportó pérdidas por septoriosis en Inglaterra en 1982, con una incidencia de 31% para *Septoria tritici* y 53% para *Septoria nodorum*. Ambas enfermedades causaron pérdidas por 9 millones de toneladas (Eyal *et al.*, 1987).

En el Reino Unido se han señalado pérdidas en la producción de hasta el 50% y en Suiza de hasta el 65% (Smith *et al.*, 1992). En Florida 1971-1975, la reducción en el rendimiento fue de 200 a 1000 kilogramos por hectárea gran parte causada por *Septoria nodorum*.

En Estados Unidos y Chile se reportaron pérdidas que van del 30 al 50% (Shaner *et al.*, 1975 y Herrera en 1981, citados por Blanco en 1998). En Uruguay se han reportado pérdidas en rendimiento arriba del 60% (Días *et al.*, 1993).

2.4.2.9.2. Signos y síntomas

Septoria nodorum Berk., es la fase asexual y la fase sexual es *Leptosphaeria nodorum* Müller actualmente *Phaeosphaeria nodorum* (Oregon State University Extension, 2000c).

Fase sexual. Pseudotecios globosos a subglobosos, picnidios subepidérmicos de forma irregular, café a negros; conidios oblongos a cilíndricos, extremos redondeados, hialinos, generalmente presentan 3 septas y son de 26 x 3 micras de tamaño promedio (Romero, 1988).

Fase asexual. Picnidios café-claro o gris oscuro (menos conspicuos que los de *S. tritici*) que liberan masas de esporas blanco-rosado. Los conidios son hialinos, rectos o ligeramente curvados, con 1 a 3 septas (frecuentemente 3 septas); en general son más cortos, gruesos, rectos y miden de 15-24 x 2.5-4.0 micras (Mendoza, 1993).

Los síntomas descritos anteriormente para *Septoria tritici*, son iguales para *S. nodorum* y *S. avenae*; aparecen primero en plántulas como áreas verde oscuro, que se extienden rápidamente haciéndose amarillentas a pardo claro con un borde ligeramente más oscuro y a menudo con un centro oscuro; las lesiones no quedan tan limitadas por las venas foliares como las debidas a *S. tritici* y se hacen ovaladas o lenticulares; al progresar la enfermedad las lesiones se extienden y coalescen produciendo áreas necróticas de gris claro a pardo claro en las que se forman picnidios (Smith *et al.*, 1992). La forma sexual se desarrolla en las lesiones más viejas en donde se presentan puntitos negros que son los pseudotesios.

2.4.2.9.3. Biología y epidemiología

El clima fresco de 10 a 15° C (20 a 27° C según Latorre (1999) y días nublados y húmedos favorecen el desarrollo de la enfermedad (Prescott *et al.*, 1986). En cultivo de trigo de primer año, sin la presencia de rastrojos ni restos vegetales, el inóculo primario

se debe a ascosporas dispersas por el viento que pueden viajar a largas distancias en condiciones climatológicas ideales; En Estados Unidos *S. nodorum* produce ascosporas en intervalos de condiciones climáticas y durante tiempos superiores a los de *M. graminicola*, por lo que pueden iniciarse las infecciones tanto en cultivo de siembra primaveral como en los de siembra otoñal. En las parcelas con una historia previa de trigo y en presencia de rastrojos o restos de cosecha, el inóculo primario puede deberse tanto a ascosporas como a conidios (Smith *et al.*, 1992).

Una vez que la infección se establece en el cultivo, la dispersión de planta a planta se debe a conidios acarreados por las lluvias y la dispersión progresa con la estación; la infección de las espigas puede causar la de las semillas, aunque la infección debido a transmisión por semilla no se considera de importancia, excepto cuando no exista un factor en la dispersión a larga distancia del patógeno o en caso de que no se disponga de otra fuente de inóculo (Smith *et al.*, 1992).

2.5. Estrategias de control de enfermedades foliares

2.5.1. Control cultural

2.5.1.1. Royas

Para prevenir la roya negra conviene utilizar variedades precoces, así cuando se presente, que suele hacerlo tarde, ya haya pasado el período de condiciones receptivas óptimas. Conviene, así mismo, las labores profundas y abstenerse de estercoladuras con material no muy descompuesto; en cambio, los fertilizantes fosfatados y potásicos aumentan la resistencia de las plantas. La paja de cereales afectados no se utilizará como cama del ganado, ya que pueden contaminar los campos. Finalmente, habrá que destruir los agracejos y demás plantas huéspedes de la fase ecídica (Alexopoulos, 1979), si con ello no se evitan los ataques de roya, por lo menos se atenúan (Domínguez, 1998).

2.5.1.2. Septoriosis

El control de la septoriosis incluye una rotación de cultivos con especies no susceptibles, la eliminación de restos de cultivos enfermos y utilización de semilla libre de estos patógenos (Latorre, 1999).

2.5.1.3. Tizón por *Helminthosporium*

Establecer una adecuada rotación de cultivos y utilizar semilla sana y debidamente desinfectada. Evitar las siembras excesivamente profundas, el exceso de nitrógeno o los déficit hídricos (Latorre, 1999).

2.5.1.4. Fusariosis

Establecer una adecuada rotación, evitando cultivar avena cuando prevalezca *F. colmorum*. Efectuar un arado profundo para enterrar los residuos infectados. Utilizar semilla sana y desinfectada. Realizar fertilizaciones equilibradas (Latorre, 1999).

2.5.2. Control genético

2.5.2.1. Importancia del control genético

Este método se basa en obtener variedades resistentes a las enfermedades por selección o hibridación. Se ha ensayado desde hace más de un siglo para combatir a la filoxera, por hibridación de vides europeas y americanas, para obtener los llamados "productores directos". El método cayó en desuso, pero hoy, con los conocimientos que se tienen sobre genética, vuelven a estar en boga (Domínguez, 1998).

Según Agrios (1985), desde principios de 1900 aparecieron los primeros estudios sobre la herencia de la resistencia a las enfermedades, en donde destacan las siguientes: en 1905, Biffen describió la herencia Mendeliana de la resistencia de dos variedades de trigo y su progenie a una roya. En 1909, Orton diferenció entre los fenómenos de resistencia y

escape a las enfermedades. En 1911 Barrus demostró que existe variabilidad genética dentro de las especies de patógenos. Stakman en 1914 descubrió que dentro de una especie de patógeno existen razas fisiológicas que son morfológicamente idénticas, pero que difieren en su capacidad para infectar a una serie de variedades distintas de un mismo hospedante. Esto ayudó a explicar por qué una variedad que era resistente en un área geográfica era susceptible en otra, porque la resistencia cambiaba de un año a otro y porque las variedades resistentes súbitamente se volvían susceptibles. En 1946, Flor, demostró que para cada gen de resistencia en el hospedante, había un gen de virulencia correspondiente en el patógeno (una relación gen por gen).

2.5.2.2. Importancia del control genético en México

Los trabajos de mejoramiento genético de trigo en México se inician en 1943 con la introducción al país de un grupo importante de variedades y con un grupo de variedades criollas nacionales sembrados en lotes experimentales en Chapingo, México. Después en otras áreas trigueras, en siembras de temporal y de riego, en los ciclos de primavera-verano y en otoño-invierno, en terrenos tanto ejidales como de pequeños propietarios (Rodríguez, 1992).

De esos ensayos se seleccionaron las más sobresalientes para utilizarlas como progenitores en el programa de cruzamiento entre las variedades criollas y las introducidas. Todas las variedades criollas eran susceptibles al chahuixtle del tallo causado por *Puccinia graminis tritici*. También al carbón cubierto o apestoso, al carbón volador, etc. Además se empezó a dar atención a aquellas variedades introducidas como alternativa para sustituir a las variedades criollas susceptibles (Rodríguez, 1992).

Entre las variedades introducidas en los años 40's, destacaron las variedades americanas Newthatch, Thatcher, Marquis, Hope, Stewart, Supremo 211, Frontana, Renacimiento, etc. De las variedades introducidas de Africa y otros países como Argentina y Australia sobresalieron Kenya 324, Egipto 101, Klein y Timstein (Rodríguez, 1992).

Las primeras variedades recomendadas (1946), después de iniciado el programa de mejoramiento del trigo fueron Renacimiento y Supremo 211, que habían mostrado buena adaptabilidad y resistencia a las royas. En 1948, se liberaron las primeras variedades híbridas mexicanas: Mayo 48, Yaqui 48, Chapingo 48 y Lagunero 48. En 1949 y en 1953, se presentan las razas de *Puccinia graminis tritici* 15B en Canadá y 139 en Estados Unidos, posteriormente se presentan en las variedades mexicanas recién liberadas que se volvieron susceptibles y fueron eliminadas (Rodríguez, 1992).

En la década de los 50's se liberan con el programa de emergencia las variedades Chapingo 52, Toluca 53, Yaqui 53, Mexe 53, Chapingo 53, Lerma Rojo, Kentana 54, Gabo 54, Yaqui 54 y Mayo 54, entre otras, todas con resistencia a las razas 15B y 139, así como a otras comunes de esa época. Las variedades Kentana y Lerma Rojo fueron sobresalientes y con la segunda de éstas se rompió la barrera de la producción de 4 toneladas por hectárea (Rodríguez, 1992).

El carbón cubierto se controló primero con desinfectantes químicos y con la certificación de semillas, más tarde se amplió la protección contra esta enfermedad con mejoramiento genético (Rodríguez, 1992).

Con el trabajo multidisciplinario se logró duplicar la producción y mantener un crecimiento medio anual del 7%. La producción pasa a más de 1.2 millones de toneladas en el segundo quinquenio de la década de los cincuenta como consecuencia del crecimiento de la superficie y de los rendimientos (Rodríguez, 1992).

En 1985 se forma el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias y Pecuarias (INIFAP), que desde 1960 funcionaban como Institutos Nacionales de Investigaciones Agrícolas Pecuarias y Forestales. En 1966 se funda en México el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), organismo internacional con programas de investigación y experimentación científica y tecnológica para el

mejoramiento específico de cultivos y como Centro Internacional de Capacitación (Rodríguez, 1992).

Para 1970 se enfocó el trabajo exclusivamente a buscar tecnologías para el cultivo de trigo de temporal. Las características de las variedades de trigo para temporal, tomando en cuenta las condiciones climáticas cambiantes en las diversas localidades trigueras en los Valles Altos, son: precocidad, tolerancia a sequía, buena respuesta en ambientes críticos y favorables, consistencia en su comportamiento, alto potencial de rendimiento, resistencia a royas, a enfermedades foliares y a desgrane, eficiencia en el uso de fertilizantes y buena calidad industrial (Villaseñor, 1992).

2.5.2.3. Obtención de variedades resistentes

El programa de mejoramiento genético del trigo para temporal se inició en 1970, en la región de los Valles Altos de México y el Bajío (Moreno, 1992). Es conveniente evaluar los genotipos en localidades contrastantes, sin embargo, resulta un tanto impráctico probar tanto material en un número grande de ambientes variados, por lo que es necesario seleccionar sitios de prueba en donde se presenten condiciones ambientales medias para seleccionar determinadas características y en las diferentes generaciones (Villaseñor, 1992).

Los sitios de Juchitepec, México, Nanacamilpa, Tlaxcala y Singuilucan, Hidalgo son apropiados para seleccionar germoplasma resistente a enfermedades foliares, por la incidencia natural que ocurre, en Chapingo, México y Libres, Puebla existe buena incidencia natural de royas, mientras que en Zoapila, Tlaxcala, Tecamac, México y Tepeyahualco, Puebla la selección es hacia tolerancia a sequía, debido a la baja y mala distribución de la precipitación y por sus suelos poco profundos en su mayoría arenosos y con baja retención de humedad (Villaseñor, 1992).

El programa de mejoramiento genético según Villaseñor (1992), se encuentra dividido en las cuatro fases siguientes:

2.5.2.3.1. Introducción, evaluación y selección de progenitores.

El programa de mejoramiento se inicia con el estudio y clasificación de progenitores, donde es conveniente contar con la mayor variabilidad genética útil a la región donde se pretende recomendar las variedades; posteriormente los genotipos incluidos se evalúan en los diferentes sitios de prueba, con el fin de caracterizarlos y se agrupan los más sobresalientes de acuerdo a sus características más relevantes, como mínimo, con los siguientes grupos: precoces, tolerantes a sequía, alto rendimiento, resistentes a royas, resistentes a enfermedades foliares, buen tipo agronómico y amplia adaptación.

Conforme se estudia más el grupo de progenitores, se irá depurando y será posible agruparlos en otras características más específicas, de esta manera se podrá identificar a los genotipos de mayor importancia para las recombinaciones.

2.5.2.3.2. Recombinación genética.

La hibridación es el principal mecanismo mediante el cual se ha logrado obtener diversas características sobresalientes de los progenitores y ha sido de suma importancia en la historia del mejoramiento genético del trigo en México.

Existen diferentes tipos de recombinaciones genéticas, que van a depender del número de progenitores que están interviniendo en el cruzamiento o el grado de parentesco que exista entre los mismos; se pueden agrupar de la siguiente manera: cruza simples, cruza triples, cruza dobles, cruza fraternales y retrocruzas.

Haciendo referencia a las condiciones de Valles Altos, se ha observado que es conveniente dar mayor importancia a las cruza triples o dobles, previendo que el grado de parentesco entre los progenitores que intervengan sea bajo, con el objetivo de

recombinar mayor número de caracteres deseables y tener una amplia gama de genotipos diversos en la selección de segregante.

2.5.2.3.3. Selección de segregantes.

Existen diferentes métodos de selección en trigo, para el caso de variedades de temporal actualmente en el programa se tiene implementado el método masal, el cual permite realizar selección intra e interpoblacional; este método es práctico, de fácil manejo y no se descarta la posibilidad de combinarlo con otros cuando se detectan en generaciones tempranas (F2 o F3) genotipos sobresalientes.

Un aspecto importante, es el de seguir un sistema de selección rotativa, el cual implica que se prueben los materiales en localidades contrastantes en las diversas generaciones, lo que permite seleccionar características deseables. De preferencia en la generación F2, las poblaciones se someten a condiciones críticas de sequía para seleccionar hacia esta característica.

2.5.2.3.4. Evaluación de líneas.

Esta fase es de mucha importancia; el objetivo es detectar las mejores líneas para ser liberadas y que serán sembradas en el terreno de los agricultores. Originalmente se parte con un número grande de genotipos que son probados en una o dos localidades, y a medida que se va depurando el grupo, el número de sitios se incrementa, buscando que sean contrastantes. En la fase final, las líneas sobresalientes son incluidas en un experimento nacional formado por líneas de diferentes lugares del país y mediante el cual se determina qué genotipos fueron superiores a las variedades testigo y si es conveniente liberarlos como variedades temporales.

Los primeros logros del programa para temporal se obtuvieron en 1974, liberando las variedades: Zacatecas VT74, Cleopatra VS74, Chapingo VF74 y Narro VF74, como tolerantes a la sequía, precoces, de amplia adaptación y resistentes a enfermedades. En la

actualidad, Zacatecas VT74 es la única que se cultiva con éxito en los estados de Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y México. En 1982, se liberó el segundo grupo de variedades denominadas México M82 y Mixteco S82, aunque tienen buenas características, no tienen suficiente resistencia a las enfermedades en ambientes muy húmedos (Moreno, 1992).

Durante el verano de 1987, fueron liberadas las variedades temporaleras Gálvez M87 con características de precocidad, tolerancia a enfermedades y su amplia adaptación a las más variadas condiciones de producción, y Temporalera M87 que presenta tolerancia a sequía, alto potencial de rendimiento y buena consistencia, lo que le permite sobresalir en ambientes de producción que van de críticos a favorables (Moreno, 1992).

2.5.3. Control químico

Se recomienda la aplicación del fungicida en variedades susceptibles, si las hojas tienen un promedio de 1% de la superficie de la hoja enferma. Este porcentaje es equivalente aproximadamente a 1-3 pústulas por hoja para mildiu polvoriento o *Septoria* y aproximadamente de 10-20 pústulas de roya por hoja. Para las aspersiones, se debe considerar que la lluvia alta favorece la severidad de las enfermedades y que los intervalos de aplicación pueden ser más largos si el tiempo está muy seco. Los muestreos deben empezar antes de la emergencia de la hoja bandera, cuando los tallos se están alargando rápidamente. La hoja bandera es muy importante y hay que protegerla por que proporciona hidratos de carbono al grano en desarrollo. Para el muestreo, examine las dos hojas superiores o la hoja bandera de 100 plantas en 20-30 sitios a lo largo de una superficie no mayor a 20 ha, que tenga características uniformes de manejo, suelo y drenaje. Los muestreos deben hacerse cada 4 días (VanDyk, 1999).

2.5.3.1. Royas

Para el control de *Puccinia graminis tritici* se sugiere aplicar uno de los siguientes productos al inicio de la espigadura o al observar los primeros signos; las dosis se

expresan en gramos de ingrediente activo por hectárea (g i.a./ha): cyproconazol (80 a 100), diniconazol (65 a 85), fenpropimorfo (700 a 750), flusilazol (200 a 250), flutriafol (125), propiconazol (125), tebuconazol (250), triadimenol (125) (Latorre, 1999; Oregon State University Extension, 2000b).

Los fungicidas normalmente usados han sido propiconazole (Tilt), triadimefon (Bayleton), y mancozeb (Manzate 200, Penncozeb, y Dithane). Un nuevo producto registrado es el azoxystrobin (Quadris), muy eficaz pero más caro. Tilt sólo se utiliza hasta la emergencia de la hoja bandera. Una aplicación de Quadris o una mezcla de Bayleton y mancozeb son la mejor opción. Quadris puede aplicarse de 45 a 26 días antes de la cosecha para grano. Se puede requerir más de una aplicación para controlar totalmente las enfermedades en un año húmedo. Para una sola aplicación el mejor es Quadris durante o inmediatamente después de la emergencia de la espiga (VanDyk, 1999).

En la actualidad existen varios productos eficaces como son: Oxicarboxina, específico de las royas, no sólo de cereales sino también de frutales, y los sistémicos iniciales: la Carbendazima y el Metil-Tiofanato, que pueden utilizarse tanto aislados como en mezclas con Maneb o Mancozeb (Domínguez, 1998).

Para casos de emergencia en ataques de *P. recondita* se puede recurrir al uso de Bayleton (0.5 kg/ha), el Butrizol (0.4 l/ha) y el Indar a intervalos de 23 días (Romero, 1993).

Tanto *Puccinia recondita* y *P. striiformis* pueden controlarse con los siguientes tratamientos: tratamiento de la semilla; los fungicidas flutriafol (5 g i.a./ha), triadimenol (30) y procloraz (60) pueden disminuir la incidencia y la severidad en los estadios iniciales del desarrollo del trigo. Tratamiento al follaje; se sugiere aplicar uno de los siguientes fungicidas al inicio de la espigamiento, cyproconazol (80 a 100), diniconazol (65 a 85), fenpropimorfo (700 a 750), flusilazol (200 a 250), flutriafol (125), propiconazol (125), tebuconazol (250) y triadimenol (125) (Latorre, 1999).

2.5.3.2. Septoriosis

Se sugiere aplicar uno de los fungicidas siguientes, las dosis se expresan en gramos de ingrediente activo por hectárea (g i.a./ha): anilazina (1000-2000), benomilo (250), carbendazima (250), cyproconazol (80 a 100), diniconazol (65 a 85), flusilazol (200 a 300), flutriafol (125), metiltiofanato (500), procloraz (450), propiconazol (125) y tebuconazol (250) (Latorre, 1999). Son eficaces, entre otros, el Clortalonil, la Carbendazina y el Metil-Tiofanato, los dos últimos sólo en mezcla con Maneb o Mancoseb (Domínguez, 1998).

Para el control químico: tratamiento de la semilla con Vitavax plus Thiram o dividiendo el control parcial sólo en la semilla germinada en la fase de la enfermedad. Se puede utilizar Kocide DF 1.8 a 2.2 kg/ha (1.5 a 2 libras por acre), Manzate 200 DF 2,2 kg/ha (libras por acre) y Quadris Flowable (Oregon State University Extension, 2000c).

2.5.3.3. Tizón por *Helminthosporium*

Para controlar esta enfermedad se tiene que realizar tratamientos químicos a la semilla con uno de los siguientes productos (g i.a./100 kg): Benomilo (70-80), carbendazima (80-90), captan (100-120), diniconazol (4), flutriafol (5), procloraz (40-60), tebuconazol (3), tiabendazol (50), tiuram (50-60), triadimenol (30). Para el tratamiento al follaje se puede utilizar uno de estos productos (g i.a./ha) flusilazol (200-250), propiconazol (125) y tebuconazol (250) (Latorre, 1999; Oregon State University Extension, 2000a).

2.5.3.4. Fusariosis

Tratamientos químicos a la semilla con uno de los siguientes productos (g i.a./100 kg) es efectivo para controlarla: Benomilo (70-80), carbendazima (80-90), captan (100-120), metiltiofanato (100), carboxina (50) en mezcla con thiram (50), tiabendazol (50) y tiuram (50-60). Mientras que al follaje se sugiere aplicar (g i.a./ha): carbendazima (200-300), mancozeb (1600-2000) y procloraz (250) (Latorre, 1999).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de los experimentos

La investigación se realizó en los siguientes sitios:

3.1.1. Chapingo

Chapingo se encuentra en el Municipio de Texcoco, en el Estado de México. Su ubicación geográfica es: 19° 28' latitud norte, 98° 53' longitud oeste a 2240 msnm. Presenta un clima tipo C (wO) (w) b (i') y se define como templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con una precipitación media anual de 500 mm, con régimen de lluvias en verano; su temperatura media anual es de 18° C, con una temperatura media máxima de 23.8° C y media mínima de 6.1° C (González, 1990). De acuerdo con sus características climatológicas, por lo general inciden en el cultivo de trigo las siguientes enfermedades¹: roya de la hoja (*Puccinia recondita*), roya amarilla (*Puccinia striiformis*), mancha bronceada de la hoja (*Helminthosporium tritici-repentis*=(*Pyrenophora trichostoma*)) y tizón foliar (*Helminthosporium sativum*=(*Cochliobolus sativus*). (Blanco, 1998).

3.1.2. Juchitepec

En el Estado de México, al sureste, se encuentra el Municipio de Juchitepec; su ubicación geográfica es: 19° 5' 28" latitud norte y 98° 52' 42" longitud oeste y a una altitud de 2530 msnm. Presenta un clima tipo C (w₂) (w), que se clasifica como templado húmedo (García, 1981; Hernández, 1993), con una precipitación media anual de 753.8 mm, con lluvias en verano; su temperatura media anual es de 14° C. Las principales enfermedades que se presentan son tizón de la gluma (*Septoria nodorum*), mancha bronceada de la hoja (*Septoria tritici*), tizón foliar

¹ VILLASEÑOR, H. 2000. Investigador del INIFAP. Comunicación personal.

(*Helminthosporium sativum*=(*Cochliobolus sativus*)), mancha bronceada de la hoja (*Helminthosporium tritici-repentis*=(*Pyrenophora trichostoma*)) y *Fusarium* sp. (Blanco, 1998; Leyva y Villaseñor 1992; Ayón, 1989).

3.1.3. Coatepec

En el Estado de México se encuentra el municipio de San Vicente Chicoloapán, en donde se encuentra la localidad de Coatepec; su ubicación geográfica es: 19° 19' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a una altitud de 2260 msnm. Presenta un clima templado subhúmedo con una precipitación media anual de 660 mm, con régimen de lluvias en verano; su temperatura media anual de 15.1° C, con una temperatura máxima de 33° C y mínima de -8° C. Se presentan heladas en los meses de octubre a marzo (Secretaría de Gobernación, 1988). Las enfermedades que se presentan con mayor importancia son¹: roya de la hoja (*Puccinia recondita*), roya lineal (*Puccinia striiformis*), tizón foliar (*Helminthosporium sativum* =(Cochliobolus sativus) y mancha bronceada de la hoja (*Helminthosporium tritici-repentis*=(*Pyrenophora trichostoma*)).

3.1.4. Nanacamilpa

En el Estado de Tlaxcala se encuentra el Municipio de Nanacamilpa, con una ubicación geográfica de 19° 29' latitud norte y 98° 32' longitud oeste y a una altura de 2734 msnm (García, 1987).

Presenta un clima tipo templado húmedo, con una precipitación media anual de 1133.7 mm, con presencia de lluvias invernales, verano largo y fresco, y una temperatura media anual de 14.1° C (García, 1981).

¹ VILLASEÑOR, H. 2000. Investigador del INIFAP. Comunicación personal.

Las enfermedades que se presentan con mayor frecuencia son¹: tizón de la gluma (*Septoria nodorum*), tizón foliar (*Septoria tritici*), roya lineal (*Puccinia striiformis*), mancha bronceada de la hoja (*Helminthosporium tritici-repentis*=(*Pyrenophora trichostoma*)) y *Fusarium* sp.

3.1.5. Potzumarán

En el Estado de Michoacán se encuentra el Municipio de Potzumarán, con una ubicación geográfica a 19° 12' latitud norte y 101° 42' longitud oeste y a una altura de 2042 msnm. Presenta un clima templado húmedo, tipo (C)Cb(w2)(w)(i'), con una precipitación media anual de 1198.5 mm, con presencia de lluvias invernales, y una temperatura media anual de 18.5° C (García, 1987). Las enfermedades que se presentan con mayor incidencia son¹: tizón de la espiga (*Fusarium nivale*), Roña y pudrición de la corona del trigo (*Fusarium graminearum*), tizón de la gluma (*Septoria nodorum*) y tizón foliar (*Septoria tritici*).

3.2. Material vegetal evaluado

Se evaluaron las variedades que el INIFAP recomienda para las siembras de temporal en los diferentes ambientes de producción así como las cuatro nuevas variedades liberadas en el año 2000. También en este estudio se probó una línea (MILAN/SHA7) resistente a enfermedades foliares. Los genotipos evaluados fueron los siguientes:

Variedades recomendadas: PAVON F76, GÁLVEZ M87, TEMPORALERA M87, BATÁN F96 y ROMOGA F96.

Variedades nuevas: TLAXCALA F2000, REBECA F2000, JUCHI F2000 y NÁHUATL F2000.

Línea experimental: MILAN/SHA7.

¹ VILLASEÑOR, H. 2000. Investigador del INIFAP. Comunicación personal.

3.3. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado en cada localidad fue de Bloques completos al azar, con tres repeticiones y con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas; ubicando en las parcelas grandes los tratamientos con y sin fungicida, mientras que en las parcelas chicas se ubicaron los genotipos de trigo, como subtratamientos. Se aplicaron dos tratamientos en las parcelas grandes, con incidencia y sin incidencia de enfermedades. Con incidencia de enfermedades fungosas no se aplicó ningún producto fungicida, tratando de evaluar el efecto de las enfermedades cuando se presentaron por incidencia natural y por inoculación. El control de las enfermedades se realizó con aplicaciones del producto químico específico en cada sitio, cuando se observaron los primeros síntomas, después de la inoculación (Coatepec, Chapingo, Nanacamilpa y Juchitepec) o bajo la incidencia natural (Patzumarán).

3.3.1. Parcela y unidad experimental

La Unidad Experimental fue de cuatro surcos de 3 metros de largo y espaciado a 30 cm, que corresponde a una parcela de 3.6 m²; que se consideró como la parcela neta o unidad experimental.

3.3.2. Variables en estudio

Se registraron dos tipos de variables. Las variables directas tomadas de las parcelas experimentales y las variables indirectas, como producto de cálculos con variables del muestreo en las parcelas.

3.3.2.1. Variables directas

Días a 1a floración (DF). Días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el 50% de las anteras estuvieron expuestas.

Días a la madurez (DM). Días transcurridos de la siembra hasta el momento en que el pedúnculo de la espiga cambió a un color amarillo.

Altura de planta (AP). Altura en centímetros desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiguilla terminal de la espiga principal o superior.

Rendimiento de grano (RG). Peso de grano producido por todas las espigas de cada parcela, registrado en gramos por metro cuadrado, luego se transformó en kg/ha.

Daño máximo del área foliar (DMAF). Porcentaje máximo del área foliar dañada por la incidencia de patógenos.

Cuantificación de la incidencia y severidad de las enfermedades. El interés fue mantener limpio el cultivo en el tratamiento con control, y dejar que las enfermedades se manifestaran en el otro tratamiento (sin control), en ambos casos se registró el porcentaje de daño máximo en el cultivo.

3.3.2.2. Variables indirectas

Estas variables se generaron a partir del muestreo de 25 tallos en cada parcela, para lo cual se cortaron a nivel del suelo de la parcela útil. Se cuantificó en los mismos el número de espiguilla por espiga y se colocó en una bolsa de papel para sacar peso seco. Se tomó el peso de los mismos y se trilló para obtener el rendimiento de grano de la muestra y el peso de 500 granos. Con esos datos y el rendimiento de grano de la parcela experimental se generaron las siguientes variables (Villaseñor, 1996):

Biomasa total en gramos por m² (Biomasa)

$$\text{Biomasa} = [(\text{RGP} + \text{RE25T})/\text{PU/IC}]$$

Índice de cosecha (IC)

$$\text{IC} = \text{RE25T}/\text{RB25T}$$

Espigas por metro cuadrado (EPMC)

$$\text{EPMC} = \text{Biomasa}/(\text{RB25T}/25).$$

Peso de 1000 granos (PMG).

$$\text{PMG} = \text{Peso de 500 granos} \times 2$$

Granos por metro cuadrado (GPMC).

$$\text{GPMC} = \text{RG}/(\text{Peso de 1000 granos}/1000).$$

Espiguillas por espiga (EE). Número total de espiguillas formadas por espiga.

Granos por espiga (GPE).

$$\text{GPE} = \text{GPMC}/\text{EPMC}.$$

Granos por espiguilla por espiga (GPEE).

$$\text{GPEE} = \text{GPE}/\text{NEE}.$$

Donde:

RB25T = Rendimiento biológico de 25 tallos en gramos.

RE25T = Rendimiento económico de 25 tallos en gramos.

RGP = Rendimiento de grano de la parcela en gramos.

PU = Parcela útil.

NEE = Número de espiguillas por espiga.

3.4. Manejo agronómico de los experimentos

3.4.1. Prácticas culturales

El establecimiento de cada experimento en los campos se realizó durante junio, es decir, en el ciclo primavera-verano de 1999 bajo condiciones de temporal.

El manejo agronómico consistió en darle seguimiento al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP para cada una de las localidades o ambientes en donde se establecieron los experimentos. El control de enfermedades consistió en la aplicación de Folicur (TEBUCONAZOLE) a dosis de 0.5 l/ha y Sportak (PROCLORAZ) a dosis de 1.0 l/ha después de observar los primeros síntomas; en el primer caso, para controlar royas, mientras que Sportak se empleó para controlar tizones y manchas foliares.

3.4.2. Inoculación de *Septoria* y Roya

Para la inoculación de *Septoria* se preparó una suspensión en agua destilada, para lo cual se extrajo los conidios propagados en cajas petri en medio de cultivo, con un portaobjetos se raspó la parte superior del medio de cultivo de 20 cajas, en donde se encontraban los conidios y luego se mezcló en 2 litros de agua. Esa mezcla se coló y se añadió 10 gotas de TWEEN20, para mejorar la dispersión y adherencia de los conidios. El mismo día se asperjó con una bomba de ultra bajo volumen, en Juchitepec y Nanacamilpa. El inóculo de roya se aplicó con aceite y con una aspersora manual, en Chapingo y Coatepec. Para el caso de Potzumarán, Mich., no se inoculó, ya que tizones y manchas foliares invaden severamente en forma natural.

3.5. Análisis de la información

Con la información recopilada, primero se realizó un análisis de varianza general utilizando un diseño de experimentos anidado en localidades, con un ANOVA, descrito por Sahagún en 1998; enseguida se realizó la comparación de medias empleando la "Prueba de Tukey" al 5% en forma conjunta y un análisis de correlación de variables de los diferentes sitios para determinar cuáles estaban más vinculadas con el rendimiento de grano.

Se realizó también un análisis de varianza en cada localidad utilizando un diseño experimental en arreglo de tratamientos en parcelas divididas. Con la información de las correlaciones se seleccionaron las variables que presentaban mayor grado de asociación con el rendimiento de grano y se utiliza los promedios de los tratamientos con y sin fungicida para establecer con mayor facilidad el daño por las enfermedades expresadas en porcentaje promedio de reducción o incremento en las variables DMAF, DM y REND, por lo tanto no se realizan las pruebas de Tukey para determinar el efecto de las interacciones (GENOT*TRAT) y los grupos respectivos; todos estos análisis se realizaron con el paquete SAS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Incidencia de patógenos

Las enfermedades que incidieron en los diferentes sitios de evaluación, se debió a que se inoculó con determinados patógenos o porque se presentaron en forma natural. A continuación se indica la incidencia en cada sitio:

En Chapingo, Estado de México se inoculó con roya de la hoja (*Puccinia recondita*), y además se presentó en menor proporción roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y tizón foliar (*Helminthosporium sativum*=*Cochliobolus sativus*).

En Juchitepec, Estado de México se inoculó tizón de la gluma (*Septoria nodorum*), y además se presentó en menor proporción tizón foliar causado por *Septoria tritici*, tizón foliar causado por *Helminthosporium sativum*=*Cochliobolus sativus*, mancha bronceada (*Helminthosporium tritici-repentis*=*Pyrenophora trichostoma*) y *Fusarium nivale*, coincidiendo con los trabajos de Blanco (1998), Leyva y Villaseñor (1992) y Ayón (1989).

En Coatepec, Estado de México se inoculó con roya de la hoja (*Puccinia recondita*), y además se presentó en baja incidencia mancha bronceada (*Helminthosporium tritici-repentis*=*Pyrenophora trichostoma*).

En Nanacamilpa, Tlaxcala se inoculó con tizón de la gluma (*Septoria nodorum*), y además se presentó en baja proporción tizón foliar causado por *Septoria tritici*, tizón foliar causado por *Helminthosporium sativum* y mancha bronceada (*Helminthosporium tritici-repentis*=*Pyrenophora trichostoma*).

En Potzumarán, Michoacán se presentaron con mayor incidencia y en forma natural tizón de la espiga (*Fusarium nivale*), roña y pudrición de la corona del trigo (*Fusarium graminearum*), tizón de la gluma y tizón foliar (*Septoria tritici*).

Estos resultados coincidieron con los reportados en los trabajos de Blanco (1998) y Ayón (1989) para Juchitepec y Coatepec. También se ratificó lo indicado por Leyva (1998), que *Helminthosporium sativum*, *H. tritici-repentis* y *Septoria nodorum* se presentan como un complejo causante de enfermedades foliares en el trigo que se cultiva en los ambientes lluviosos de temporal.

4.2. Análisis general de las variables

En el Cuadro 2 se presenta el análisis conjunto de las cinco localidades, en donde se observa que existieron diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre localidades en todas las variables en estudio. Para tratamientos, se detectó diferencias altamente significativas en las variables días a la maduración (DM), daño máximo de área foliar (DMAF), rendimiento (REND), índice de cosecha (IC), biomasa (BIOM), peso de mil granos (PMG) y granos por metro cuadrado (GPMC), mientras que en granos por espiga (GPE) y granos por espiguilla (GPEE) la diferencia fue significativa. En la interacción de primer orden localidad por tratamiento, se presentó diferencias altamente significativas en las variables DM, AP, DMAF, REND, IC, BIOM y PMG; en las variables restantes no hubo diferencia. Entre genotipos, de igual manera que entre localidades, se observa que existió diferencias altamente significativas en todas las variables, lo que también se detectó en la interacción localidad por genotipo, a excepción de la variable GPE, en la cual la diferencia fue significativa. En la interacción tratamiento por genotipo, sólo se observa diferencias altamente significativas en las variables DM, DMAF, REND, BIOM y PMG. Por último, en la interacción de tercer orden sólo se detectó diferencias altamente significativas en DMAF y diferencias significativas en DM, AP y BIOM. Se observa que los coeficientes de variación (CV) no fueron mayores al 16%, los cuales permiten inferir que los resultados reportados son confiables para realizar las pruebas de hipótesis.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto para 10 genotipos de trigo evaluados con y sin aplicación de fungicida. P-V/1999.

Fuente de variación	GL	DF	DM	AP (cm)	DMAF (%)	REND (Kg/ha)	IC (%)
LOCALIDAD	4	335.55**	3114.69**	612.01**	2520.92**	224406466.20**	0.283**
REP(LOC)	10	3.57	8.29	33.41	45.25	483371.81	0.003
TRATAMIENTO	1	2.08 ^{ns}	774.41**	6.75 ^{ns}	178852.08**	51953784.36**	0.037**
LOC*TRAT	4	0.60 ^{ns}	24.41**	109.67**	2623.75**	6505296.71**	0.005**
REP*TRAT(LOC)	10	1.16	4.07	52.49	60.92	213111.52	0.002
GENOTIPO	9	329.01**	406.76**	622.06**	5265.45**	3137793.22**	0.006**
LOC*GENOT	36	11.06**	26.20**	65.80**	549.48**	1842279.75**	0.003**
TRAT*GENOT	9	0.70 ^{ns}	12.39**	28.89 ^{ns}	1662.64**	699137.87**	0.001 ^{ns}
LOC*TRAT*GENOT	36	1.02 ^{ns}	5.29*	27.60*	291.94**	267679.47 ^{ns}	0.001 ^{ns}
ERROR	180	0.99	3.51	18.16	28.55	202558.65	0.001
CV		1.49	1.49	4.58	11.06	10.95	10.59
Fuente de variación	GL	BIOM (g/cm ²)	EPMC	PMG (g)	GPMC	GPE	GPEE
LOCALIDAD	4	10236743.98**	1310294.69**	445.57**	2110527287.68**	1345.64**	3.06**
REP(LOC)	10	66808.36	7354.12	7.51	6299183.64	30.22	0.32
TRATAMIENTO	1	1651822.70**	7009.43 ^{ns}	1277.20**	56362901.54**	132.39*	1.11*
LOC*TRAT	4	137522.84**	3162.25 ^{ns}	161.09**	5684434.24 ^{ns}	6.09 ^{ns}	0.13 ^{ns}
REP*TRAT(LOC)	10	39584.71	33125.87	10.61	4548576.93	13.27	0.11
GENOTIPO	9	234656.27**	37964.53**	354.33**	86473568.50**	526.88**	1.79**
LOC*GENOT	36	137819.20**	9687.68**	39.65**	16108990.86**	39.53*	0.18**
TRAT*GENOT	9	64473.32**	4386.94 ^{ns}	256.76**	2482254.14 ^{ns}	15.83 ^{ns}	0.07 ^{ns}
LOC*TRAT*GENOT	36	37261.25*	4187.99 ^{ns}	8.55 ^{ns}	3217487.07 ^{ns}	16.94 ^{ns}	0.07 ^{ns}
ERROR	180	23302.46	3231.55	6.57	2927466.28	23.65	0.11
CV		13.17	15.98	8.14	13.14	13.18	10.59

LOC=Localidad; TRAT=Tratamiento (con y sin fungicida); REP=Repetición; GENOT=Genotipo; GL=Grados de libertad; DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento; IC=Índice de cosecha. BIOM=Biomasa; EPM=Espigas por metro cuadrado; PMG=Peso de mil granos; GPMC=Granos por metro cuadrado; GPE=Granos por espiga; GPEE=Granos por espiguilla.

En el Cuadro 3 se presenta la matriz de correlaciones del análisis conjunto por tratamiento con y sin fungicida, en donde se observa que en los dos tratamientos el rendimiento de grano se asoció de manera positiva y altamente significativa, en orden de mayor importancia con granos por metro cuadrado (GPMC), biomasa (BIOM), espigas por metro cuadrado (EPMC) e índice de cosecha (IC), variables que deben ser vinculadas con la mayor productividad. Esto concuerda con lo reportado por Zillinsky (1984), quien señala que las enfermedades foliares afectan las características de las diferentes variables del trigo. Sin embargo, se encontraron algunas diferencias al comparar los tratamientos; en el tratamiento sin fungicida se redujo el grado de asociación del rendimiento con peso de mil granos, índice de cosecha y altura de planta en 9, 13 y 15 unidades porcentuales respectivamente, frente al tratamiento con fungicida concordando con lo reportado por Blanco (1998), Leyva (1998), Zillinsky (1984) y Wiese (1977). Lo anterior indica que cuando no se controló las enfermedades se redujo la expresión de estos caracteres y consecuentemente su asociación con el rendimiento, lo cual significa que el rendimiento de grano tiende a asociarse en menor magnitud con estas variables cuando inciden los patógenos.

El cambio más significativo fue sin duda con el grado de asociación del rendimiento con el DMAF; esto quiere decir que cuando no se controló las enfermedades el rendimiento se redujo a medida que se incrementa el daño máximo del área foliar, lo cual concuerda con lo reportado por Stubbs *et al.* (1986), quienes indican que las enfermedades foliares disminuyen el rendimiento y con lo reportado por SARH (1992) y Agrios (1998) que mencionan que las enfermedades pueden producir una alteración en la anatomía y/o fisiología normal y que generalmente causan disminución en el área foliar, la que a su vez ocasiona disminución de la fotosíntesis, extracción de nutrientes de las hojas por el patógeno y retraso en el crecimiento, que depende este último del grado, intensidad del daño y de la susceptibilidad del hospedante, lo que ocasionará disminución en la calidad o cantidad de la producción.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de las variables en los tratamientos con y sin fungicida en las cinco localidades. P-V/1999.

VARIABLE	TRAT	DM	AP	DMAF	IC	BIOM	EPMC	PMG	GPMC	GPE	GPEE	REND
DF	CON FUN	0.57**	0.11 ^{ns}	-0.56**	-0.11 ^{ns}	-0.22**	-0.27**	-0.05 ^{ns}	-0.22*	0.05 ^{ns}	0.28**	-0.19*
	SIN FUN	0.65**	0.17*	-0.18*	-0.14 ^{ns}	-0.16*	-0.25**	-0.01 ^{ns}	-0.21**	0.06 ^{ns}	0.23**	-0.18*
DM	CON FUN	1.00	-0.14 ^{ns}	-0.28**	-0.12 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.28**	0.32**	-0.22**	0.07 ^{ns}	0.27**	-0.06 ^{ns}
	SIN FUN	1.00	-0.08 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.25**	-0.04 ^{ns}	-0.29**	0.14 ^{ns}	-0.20*	0.13 ^{ns}	0.30**	-0.13 ^{ns}
AP	CON FUN		1.00	0.07 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.42**	0.40**	0.04 ^{ns}	0.36**	0.00 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.35**
	SIN FUN		1.00	-0.19*	-0.03 ^{ns}	0.26**	0.15 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.24**	0.14 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.20*
DMAF	CON FUN			1.00	0.28**	0.22**	0.21**	0.05 ^{ns}	0.31**	0.19*	-0.07 ^{ns}	0.29**
	SIN FUN			1.00	0.11 ^{ns}	-0.34**	-0.22**	-0.17*	-0.16 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.22**
IC	CON FUN				1.00	0.45**	0.54**	0.39**	0.67**	0.36**	0.21*	0.79**
	SIN FUN				1.00	0.28**	0.40**	0.32**	0.56**	0.35**	0.26**	0.66**
BIOM	CON FUN					1.00	0.87**	0.34**	0.85**	0.13 ^{ns}	-0.18*	0.89**
	SIN FUN					1.00	0.88**	0.24**	0.86**	0.10 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.89**
EPMC	CON FUN						1.00	0.20*	0.86**	-0.08 ^{ns}	-0.34**	0.84**
	SIN FUN						1.00	0.13 ^{ns}	0.85**	-0.12 ^{ns}	-0.29**	0.84**
PMG	CON FUN							1.00	0.04 ^{ns}	-0.29**	-0.30**	0.42**
	SIN FUN							1.00	-0.03 ^{ns}	-0.33**	-0.38**	0.33**
GPMC	CON FUN								1.00	0.41**	0.07 ^{ns}	0.91**
	SIN FUN								1.00	0.40**	0.16 ^{ns}	0.91**
GPE	CON FUN									1.00	0.81**	0.28**
	SIN FUN									1.00	0.84**	0.26**
GPEE	CON FUN										1.00	-0.02 ^{ns}
	SIN FUN										1.00	0.02 ^{ns}

FUN=Fungicida; DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; REND=Rendimiento; IC=Índice de cosecha; BIOM=Biomasa; EPMC=Espigas por metro cuadrado; PMG=Peso de mil granos; GPMC=Granos por metro cuadrado; GPE=Granos por espiga; GPEE=Granos por espiguilla por espiga. **=Altamente significativo (≤ 0.01); *=significativo (0.02 a 0.05); ns=No significativo.

El ciclo de cultivo (DF y DM) y granos por espiguilla (GPÉE) guardaron baja asociación y en general negativa con la productividad en los dos tratamientos (Cuadro 3). Se observó diferencias altamente significativas entre PMG y GPE con el rendimiento de grano (REND), aunque la magnitud de la relación positiva no fue relevante. De acuerdo con esa matriz de correlaciones y de la importancia de las variables en estudio, se procederá a discutir las en forma conjunta y posteriormente las variables REND, DF, DM, DMAF, BIOM, GPMC y PMG a nivel de localidad para tratamientos y genotipos.

En el Cuadro 4 se presenta la comparación de medias entre localidades, en donde se observa que el ciclo del cultivo medido con la variable días a la maduración fue estadísticamente diferente en todos los sitios, variando desde 116 días, en Coatepec, hasta 135 días, en Potzumarán, con lo cual se corrobora lo afirmado por Villaseñor y Espitia (1994), con relación a lo variable y contrastado de los ambientes de temporal para el trigo, en este caso medido a través de la variación en el ciclo promedio de los genotipos al probarse en ambientes medio lluviosos y lluviosos (García, 1987).

Cuadro 4. Comparación de medias entre localidades para las diferentes variables. P-V/1999.

LOCALIDAD	DF	DM	AP	DMAF	IC	REND
Chapingo	63.6 e	122.0 d	96.3 a	54.2 a	0.42 a	6230.6 a
Juchitepec	69.6 a	130.2 b	92.4 b	55.3 a	0.42 a	5339.8 b
Coatepec	65.2 d	116.4 e	96.4 a	41.0 c	0.34 b	4210.6 c
Nanacamilpa	68.3 b	126.4 c	91.2 bc	48.2 b	0.28 c	1162.5 e
Potzumarán	66.5 c	135.1 a	89.2 c	42.8 c	0.29 c	3606.7 d
D.M.H. (5%)	0.50	0.94	2.14	2.67	0.02	226.43
LOCALIDAD	BIOM	EPMC	PMG	GPMC	GPE	GPÉE
Chapingo	1527.4 a	461.2 a	31.5 c	20164.9 a	44.4 a	2.5 a
Juchitepec	1270.9 b	417.5 b	35.2 a	15205.6 b	37.1 b	2.6 a
Coatepec	1287.6 b	470.9 a	29.4 d	14490.5 b	31.2 c	2.0 b
Nanacamilpa	447.1 c	116.4 d	28.4 d	4131.2 d	35.6 b	2.5 a
Potzumarán	1263.6 b	312.7 c	32.9 b	11095.8 c	36.2 b	2.4 a
D.M.H. (5%)	76.8	28.6	1.29	860.81	2.45	0.16

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento; IC=Índice de cosecha; BIOM=Biomasa; EPMC=Espigas por metro cuadrado; PMG=Peso de mil granos; GPMC=Granos por metro cuadrado; GPE=Granos por espiga; GPÉE=Granos por espiguilla.

Para rendimiento de grano promedio por localidad se observa que hubo diferencias significativas entre todas las localidades (Cuadro 2); es decir, todos los sitios fueron diferentes, lo que confirma lo observado en las anteriores variables y en donde es notorio destacar que la variación en esta variable fue de gran magnitud, de 6230 a 1162 kg/ha (Cuadro 4 y Figura 1).

En las otras variables respuesta (IC, BIOM, EPMC, PMG, GPMC, GPE y GPEE), también en menor o mayor magnitud, se detectó diferencias altamente significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (5%), información que confirma lo reportado por Villaseñor y Espitia (2000b) y por Blanco (1998), y permite indicar que la evaluación de pérdidas en el rendimiento de nuevos cultivares de trigo se realizó en localidades altamente contrastadas.

En el Cuadro 5 se presenta la comparación de medias general entre tratamientos, en donde para fines de análisis se identifican las variables que prácticamente quedaron definidas antes de la incidencia de los patógenos (AP, DF y EPMC) y las que se definieron posterior a su presencia (DM, DMAF, REND, IC, BIOM, PMG, GPMC, GPE y GPEE). Es notorio observar como para el primer caso no existió diferencia entre los tratamientos con y sin fungicida, lo que indica que para estas variables en particular la incidencia de enfermedades no causa efecto alguno.

Cuadro 5. Comparación de medias entre tratamientos para las diferentes variables en estudio P-V/1999.

TRATAMIENTOS	DF	DM	AP	DMAF	REND	IC
CON FUNGICIDA	66.7 a	126.6 a	93.2 a	23.9 b	4526.2 a	0.4 a
SIN FUNGICIDA	66.6 a	124.4 b	92.9 a	72.7 a	3693.9 b	0.3 b
D.M.H. (5%)	0.23	0.43	0.97	1.22	102.55	0.01
TRATAMIENTOS	BIOM	EPMC	PMG	GPMC	GPE	GPEE
CON FUNGICIDA	1233.5 a	360.6 a	33.6 a	13451.0 a	37.6 a	2.5 a
SIN FUNGICIDA	1085.1 b	350.9 a	29.4 b	12584.2 b	36.2 b	2.4 b
D.M.H. (5%)	37.78	12.95	0.58	389.85	1.11	0.07

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento; IC=Índice de cosecha; BIOM=Biomasa; EPMC=Espigas por metro cuadrado; PMG=Peso de mil granos; GPMC=Granos por metro cuadrado; GPE=Granos por espiga; GPEE=Granos por espiguilla.

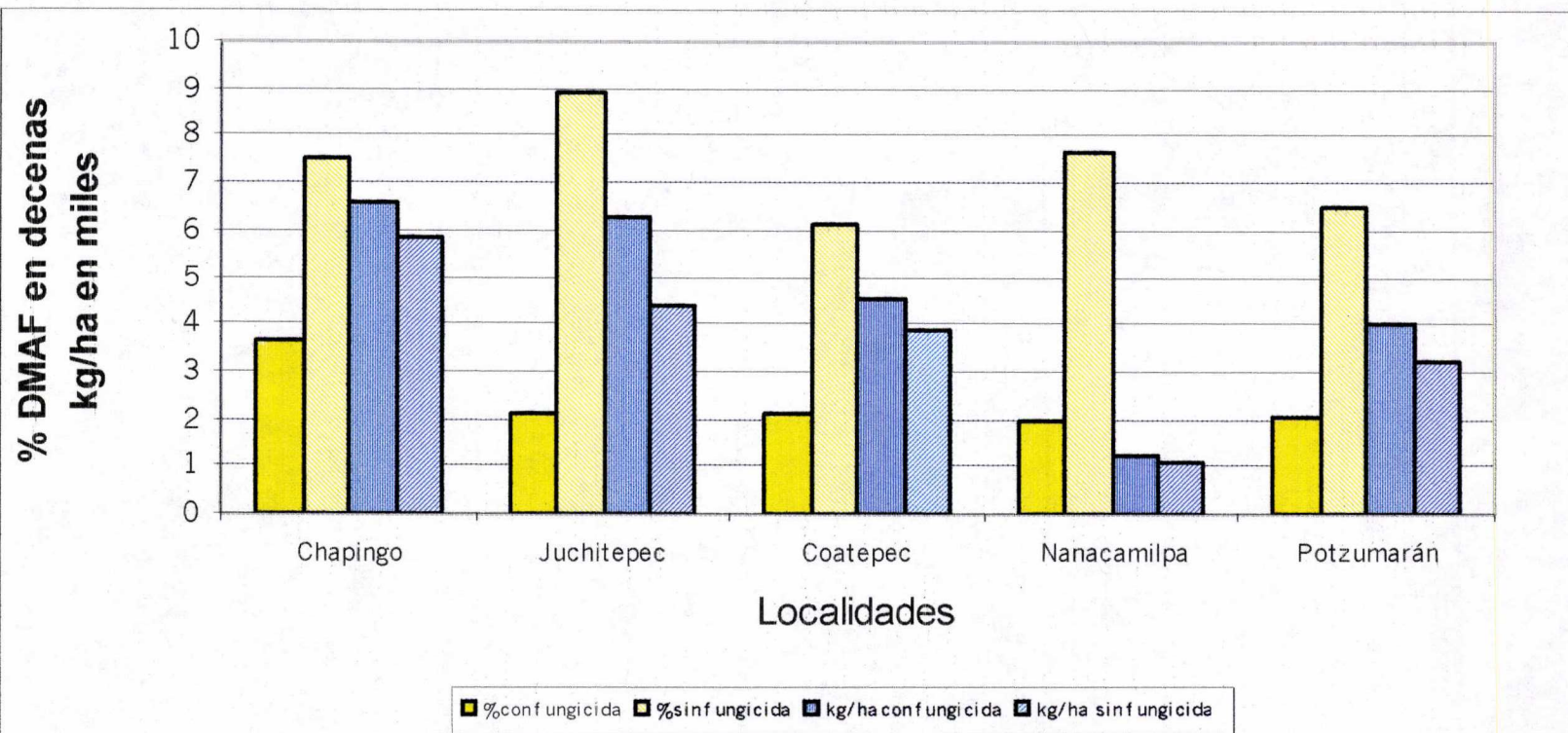


Figura 1. Porcentaje del daño máximo del área foliar y del rendimiento (kg/ha) con y sin fungicida en cada una de las cinco localidades.

Por otra parte, para el caso de las variables que son determinadas una vez que inciden los patógenos, en todas ellas el efecto fue significativo, destacando las pérdidas en el rendimiento de grano que llegó a ser en promedio de localidades y genotipos de 18.3%.

Con respecto a los genotipos, en el Cuadro 6 se presenta su comparación de medias promedio de localidades y tratamientos.

Cuadro 6. Comparación de medias general entre genotipos para las variables en estudio. P-V/1999.

GENOTIPOS	DF (días)	DM (días)	AP (cm)	DMAF (%)	REND (kg/ha)	IC
Rebeca F2000	72.7 a	132.3 a	95.1 b c	50.5 d	4651.9 a	0.34 b c
Tlaxcala F2000	65.2 e	124.3 d	90.3 d e f	35.8 e	4399.5 a b	0.38 a
Juchi F2000	64.2 f	122.2 e f	94.3 c	30.2 f	4380.0 a b	0.34 b c
Náhuatl F2000	66.5 d	126.8 c	93.1 c d	31.0 f	4294.9 a b c	0.35 a b c
Batán F96	65.4 e	122.8 d e	89.0 e f	56.5 c	4072.7 b c	0.37 a b
TemporaleraM87	67.0 d	127.5 c	102.0 a	56.7 c	4054.6 b c	0.33 c
Romoga F96	65.3 e	124.4 d	87.1 f	52.3 c d	4033.8 b c d	0.36 a b c
Milan/Sha7	70.7 b	130.7 b	98.3 b	37.0 e	3920.8 c d e	0.34 b c
Gálvez M87	61.1 g	121.2 f	89.4 e f	68.0 a	3674.5 d e	0.35 a b c
Pavón F76	68.5 c	128.0 c	92.2 c d e	62.7 b	3629.6 e	0.34 b c
D.M.S. (5%)	0.82	1.55	3.52	4.42	372.31	0.03
GENOTIPOS	BIOM (g/m ²)	EPMC	PMG (g)	GPMC	GPE	GPEE
Rebeca F2000	1215.8 a b c	397.8 a	29.8 d	14139.1 b c	35.7 cd	2.5 abc
Tlaxcala F2000	1154.1 b c d	400.4 a	36.0 a b	12052.6 d e	30.8 e	2.1 de
Juchi F2000	1259.7 a b	375.6 a b	26.8 e	16497.6 a	43.7 a	2.7 a
Náhuatl F2000	1310.5 a	361.8 abc	31.3 c d	14382.7 b	40.0 ab	2.6 ab
Batán F96	1090.1 c d	312.4 d	34.3 b	11749.9 d e	38.0 bc	2.4 bc
TemporaleraM87	1202.8 a b c	347.0 bcd	36.8 a	10786.6 e	31.7 de	2.0 e
Romoga F96	1103.9 c d	381.6 a b	30.8 c d	12925.8 c d	34.3 cde	2.4 bc
Milan/Sha7	1154.8 b c d	300.5 d	30.1 c d	12760.9 c d	42.1 a	2.7 a
Gálvez M87	1029.0 d	317.4 c d	32.1 c	11332.7 e	35.4 cd	2.3 cd
Pavón F76	1072.7 d	362.6 abc	26.8 e	13548.1 bc	37.3 bc	2.5 abc
D.M.S. (5%)	126.28	47.02	2.12	1415.4	4.02	0.27

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento; IC=Índice de cosecha. BIOM=Biomasa; EPMC=Espigas por metro cuadrado; PMG=Peso de mil granos; GPMC=Granos por metro cuadrado; GPE=Granos por espiga; GPEE=Granos por espiguilla.

En el cuadro 6 y figura 2 se observa que para todas las variables respuesta los genotipos fueron contrastantes, en donde es conveniente resaltar que las cuatro variedades nuevas (Rebeca F2000, Tlaxcala F2000, Juchi F2000 y Náhuatl F2000) fueron los genotipos más productivos (kg/ha), compartiendo las cuatro el primer grupo estadístico de acuerdo a las pruebas de significancia (Tukey al 5%). Es evidente la mayor productividad promedio de las nuevas variedades.

En el Cuadro 7 se observa como los genotipos más productivos con el control de patógenos fueron las variedades Juchi F2000, Rebeca F2000, Tlaxcala F2000, Temporalera M87 y Batán F96, con rendimientos superiores a los 4500 kilogramos; mientras que cuando las enfermedades incidieron sin aplicación de fungicida, las variedades nuevas (Rebeca F2000, Tlaxcala F2000, Juchi F2000 y Náhuatl F2000), alcanzaron producciones superiores a 4000 kg/ha, todas con mayores rendimientos que los otros genotipos. Se observa que estas variedades presentaron porcentajes de pérdidas menores al 11.4 %, mientras que las variedades testigo manifestaron reducciones en el rendimiento desde 19.4 (Romoga F96) hasta 27.7% (Gálvez M87).

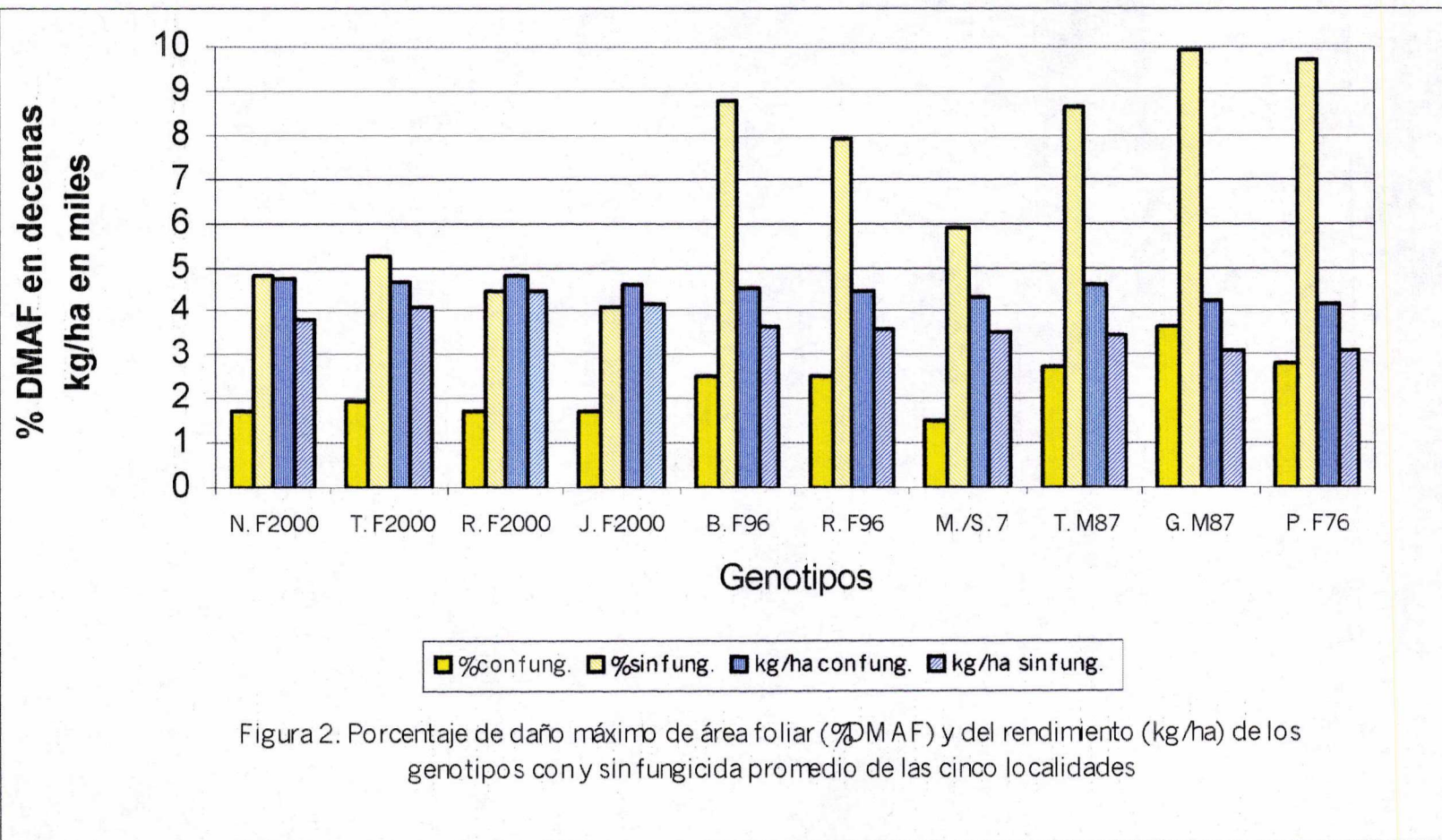
Cuadro 7. Promedio general del rendimiento de los genotipos en tratamientos con y sin fungicida y porcentaje de pérdidas. P-V/1999.

Genotipo	Con fungicida (kg/ha)	Sin fungicida (kg/ha)	Pérdidas (%)
Juchi F2000	4616.2	4144.0	10.2
Rebeca F2000	4811.2	4491.3	6.6
Tlaxcala F2000	4665.7	4133.3	11.4
Temporalera M87	4633.3	3475.9	25.0
Batán F96	4511.1	3634.2	19.4
Náhuatl F2000	4778.4	3810.8	20.2
Romoga F96	4476.8	3590.7	19.8
Milan/Sha7	4313.9	3527.8	18.2
Gálvez M87	4265.7	3083.3	27.7
Pavón F76	4186.1	3073.1	26.6

En el Cuadro 8 se presenta las medias por genotipo para DMAF en los tratamientos con y sin fungicidas, en donde se observa que en el tratamiento con control el daño máximo varió de 15% hasta 36%, lo que indica que hasta cierto punto se logró buen control de los patógenos. En el tratamiento sin fungicida es notorio como se registró mayor incidencia de patógenos y también destacan las nuevas variedades por su mayor nivel de tolerancia, registrándose en estas un DMAF de hasta 50%; por su parte, en las variedades comerciales testigo el daño máximo fue desde 79% (Romoga F96) hasta cerca del 100% (Gálvez M87). En la Figura 2 se observa como las nuevas variedades presentaron menor DMAF y menores pérdidas en el rendimiento.

Cuadro 8. Promedios de localidades de DMAF de los genotipos con los tratamientos y porcentaje de pérdidas.

Genotipo	Con fungicida (%)	Sin fungicida (%)	Pérdidas (%)
Juchi F2000	17.2	41.2	24.0
Rebeca F2000	17.3	44.7	27.4
Náhuatl F2000	17.0	48.3	31.3
Tlaxcala F2000	19.3	52.3	33.0
Milan/Sha7	15.3	58.7	43.4
Romoga F96	25.3	79.3	54.0
Temporalera M87	27.3	86.0	58.7
Batán F96	25.0	88.0	63.0
Pavón F76	28.0	97.3	69.3
Gálvez M87	36.7	99.3	62.6



N. F2000=Náhuatl F2000; T. F.2000=Tlaxcala F2000; R. F2000=Rebeca F2000; J. F200=Juchi F200; B. F96=Batán F96

R. F96=Romoga F96; M./S. 7=Milan/Sha 7; T. M87=Temporalera M87; G. M87=Gálvez M87; P. F76=Pavón F76, fung=Fungicida.

4.3. Análisis por localidad de las variables directas

4.3.1. Chapingo.

En el Cuadro 9 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza para Chapingo, México; se observa para tratamientos diferencias altamente significativas en las variables días a maduración (DM), daño máximo de área foliar (DMAF) y rendimiento (REND), mientras que en las variables días a floración (DF) y altura de planta (AP), la diferencia no fue significativa. Para los genotipos se detectó diferencias estadísticas altamente significativas en todas las variables respuesta analizadas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa de que por lo menos uno de los genotipos responde de forma diferente en esta localidad. En la interacción tratamiento por genotipo, sólo se observa diferencias altamente significativas en las variables DM y DMAF, en las otras variables directas evaluadas no se presenta diferencia estadística. En ese mismo cuadro se observa que los coeficientes de variación (CV) no fueron mayores al 12.30%, los cuales permiten inferir que los resultados reportados son confiables para realizar las pruebas de hipótesis.

Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Chapingo, Méx. P-V/1999.

F. de variación	GL	DF	DM	AP	DMAF	REND
REPETICION	2	3.80**	1.22 ^{ns}	107.92*	76.25 ^{ns}	1018865.74 ^{ns}
TRAT	1	0.15 ^{ns}	129.1**	6.67 ^{ns}	18903.75**	8354372.43**
TRAT*REP	2	0.20	0.32	25.42	31.25	251787.55
GENOTIPO	9	80.31**	80.62**	345.56**	2282.82**	3130081.16**
TRAT*GENOT	9	0.59 ^{ns}	4.07**	25.18 ^{ns}	325.05**	375291.49 ^{ns}
ERROR	36	0.59	0.65	24.54	44.49	453127.86
CV		1.21	0.66	5.14	12.30	10.80

F.=Fuente; REP=Repetición; TRAT=Tratamiento; GENOT=Genotipo; CV=Coeficiente de variación. GL=Grados de libertad; DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En Chapingo el efecto de la aplicación del fungicida en los genotipos se reflejó en DM, reduciendo el ciclo en tres días por el efecto de la roya de la hoja; este patógeno, que predominó en esta localidad, causó en promedio un daño foliar del doble (72%) en

comparación con el tratamiento con aplicación, y esa incidencia redujo el rendimiento en promedio de los diez genotipos en 11.2%, equivalente a 746 kg/ha (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en Chapingo, Méx. P-V/1999.

TRATAMIENTOS	DF	DM	AP	DMAF	REND
CON FUNGICIDA	63.70 a	123.50 a	96.67 a	36.50 b	6603.7 a
SIN FUNGICIDA	63.60 a	120.57 b	96.00 a	72.00 a	5857.4 b
D.M.H. (5%)	0.40	0.42	2.59	3.49	352.5

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En la comparación entre genotipos se observó diferencias altamente significativas en todas las variables respuesta promedio de los tratamientos; sin embargo, por la naturaleza de la investigación, se procederá a analizar aquellas variables en donde el efecto de los patógenos fue determinante en su expresión (DM, DMAF y REND).

En el Cuadro 11 se presentan las medias en los tratamientos con y sin fungicida por genotipo para las variables (DM, DMAF y REND), en donde se observa que en esta localidad los genotipos más susceptibles fueron: Temporalera M87, Gálvez M87, Pavón F76 y Batán F96 (96-100% DMAF), mientras que en general las variedades nuevas (F2000) fueron más tolerantes (46-66% DMAF); este daño severo en el área foliar en los genotipos testigo le redujo el ciclo hasta en 4.3 días a la madurez (Gálvez M87) y el rendimiento de grano hasta un poco más del 23% (Pavón F76 y Temporalera M87), equivalente este último a cerca de 1500 kg/ha; mientras que en las variedades nuevas catalogadas como tolerantes para este sitio la reducción en el ciclo fue mínima (1-2 días) y el rendimiento de grano se redujo de 2.9 (Tlaxcala F2000) hasta casi 10% (Náhuatl F2000), equivalentes a una pérdida en el peor de los casos de 630 kg/ha.

Dado que en esta localidad la enfermedad que predominó fue roya de la hoja, se puede sugerir que las variedades nuevas fueron las que presentaron mayor resistencia, coincidiendo con los trabajos reportados por Huerta y Singh (2000) y Villaseñor y Espitia (2000c).

Cuadro 11. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Chapingo, Méx. P-V/1999.

GENOTIPO	CON FUNGICIDA			SIN FUNGICIDA			% DE REDUCCIÓN		
	DM	DMAF	REND	DM	DMAF	REND	DM	DAMF	REND
Rebeca F2000	128.0	25.0	6787.0	125.0	66.7	6157.4	2.3	41.7	9.3
Milan/Sha7	128.7	18.3	5990.7	125.3	30.0	5694.4	2.6	11.7	5.0
Pavón F76	126.3	43.3	6305.6	121.0	100.0	4796.3	4.2	56.7	23.9
TemporaleraM87	125.0	53.3	6009.3	120.0	100.0	4592.6	4.0	46.7	23.6
Romoga F96	123.3	33.3	6416.7	121.0	66.7	6018.5	1.9	33.3	6.2
Juchi F2000	123.3	21.7	6527.8	121.7	46.7	6250.0	1.4	25.0	4.3
Batán F96	121.3	43.3	7000.0	119.3	96.7	5870.4	1.7	53.3	16.1
Tlaxcala F2000	123.0	23.3	7027.8	121.3	50.0	6824.1	1.4	26.7	2.9
Náhuatl F2000	119.3	43.3	7907.4	119.0	63.3	7435.2	0.3	20.0	6.0
Gálvez M87	116.6	60.0	6064.8	111.7	100.0	4935.2	4.3	40.0	18.6
General	123.5	36.5	6603.7	120.6	72.0	5857.4	2.4	35.5	11.3

DM=Días a la maduración; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

4.3.2. Juchitepec

Para Juchitepec, México, se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza en el Cuadro 12, en donde se observa que para tratamientos hay diferencias altamente significativas en todas las variables directas en estudio, excepto días a la floración (DF), en la que la diferencia no fue significativa.

Respecto a los genotipos, se observa que se detectó diferencias estadísticas altamente significativas en todas las variables respuesta analizadas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa de que por lo menos uno de los genotipos responde de forma diferente en esta localidad. En la interacción tratamiento por genotipo, sólo se observa diferencias altamente significativas en la variable DMAF y REND, en las otras variables directas evaluadas no se presenta diferencia estadística.

En ese mismo cuadro se observa que los coeficientes de variación (CV) no fueron mayores al 9.16%, los cuales permiten inferir que los resultados reportados son confiables para realizar las pruebas de hipótesis.

Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Juchitepec, Méx. P-V/1999.

F. de variación	GL	DF	DM	AP	DMAF	REND
REPETICION	2	5.27 ^{ns}	17.61**	27.92 ^{ns}	46.67 ^{ns}	294370.50 ^{ns}
TRAT	1	0.15 ^{ns}	281.75**	303.75**	69360.00**	54467129.63**
TRAT*REP	2	1.40	4.72	128.75	60.00	391502.70
GENOTIPO	9	79.82**	222.19**	177.27**	494.63**	3732801.78**
TRAT*GENOT	9	1.34 ^{ns}	2.77 ^{ns}	41.71 ^{ns}	251.67**	966443.76**
ERROR	36	1.52	2.42	20.46	16.76	239412.94
CV		1.77	1.20	4.89	7.40	9.16

F.=Fuente; REP=Repetición; TRAT=Tratamiento; GENOT=Genotipo; CV=Coeficiente de variación. GL=Grados de libertad; DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En Juchitepec el efecto de la aplicación del fungicida en los genotipos se reflejó en DM, reduciendo el ciclo en 4 días por el efecto principalmente del tizón de la gluma (*Septoria nodorum*); este patógeno, en conjunto con las otras enfermedades foliares que incidieron causaron un daño foliar drástico (89%) en los genotipos cuando no se aplicó fungicida, incidencia que redujo el rendimiento en promedio de los diez genotipos en 30%, equivalente a 1905 kg/ha (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en Juchitepec, Méx. P-V/1999.

TRATAMIENTOS	DF	DM	AP	DMAF	REND
CON FUNGICIDA	69.63 a	132.33 a	94.67 a	21.33 a	6292.6 a
SIN FUNGICIDA	69.53 a	128.00 b	90.17 a	89.33 b	4387.0 b
D.M.H. (5%)	0.64	0.82	2.37	2.14	256.22

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En la comparación entre genotipos se observó diferencias altamente significativas en todas las variables respuesta promedio de los tratamientos; en igual forma que en Chapingo, se procederá a analizar aquellas variables en donde el efecto de los patógenos fue determinante en su expresión (DM, DMAF y REND).

En el Cuadro 14 se presentan las medias en los tratamientos con y sin fungicida por genotipo, en donde se observa que en esta localidad las variedades fueron de tolerantes a susceptibles (sin aplicación de fungicidas), si se considera el DMAF (60-100%); en

Juchitepec los genotipos mas tolerantes (DMAF) fueron Rebeca F2000 y Juchi F2000, mientras que Pavón F76, Milan/Sha7, Romoga F96, Gálvez M87 y Náhuatl F2000 fueron lo más susceptible. Este daño foliar llegó a acelerar el ciclo hasta en 4.6 días (Romoga F96) y a reducir el rendimiento de grano hasta en 50% (Náhuatl F2000), equivalente a poco más de 3 ton/ha.

Para esta localidad es evidente que sobresale la variedad Rebeca F2000 por su mayor tolerancia a enfermedades foliares (principalmente a tizón de la gluma) y por su alto rendimiento; en segundo lugar se ubica Juchi F2000 y luego Temporalera M87 y Tlaxcala F2000. Estos resultados coinciden con lo reportado por Leyva y González (2000) y Villaseñor y Espitia (2000c). Es conveniente indicar que la variedad Náhuatl F2000 no fue buena opción para este sitio.

Cuadro 14. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Juchitepec, Méx. P-V/1999.

GENOTIPO	CON FUNGICIDA			SIN FUNGICIDA			% DE		
	DM	DMAF	REND	DM	DMAF	REND	REDUCCIÓN		
							DM	DAMF	REND
Rebeca F2000	140.3	15.0	7657.4	137.3	60.0	7027.8	2.1	45.0	8.2
Juchi F2000	135.7	20.0	6037.0	132.3	66.7	4870.4	2.5	46.7	19.3
TemporaleraM87	134.7	20.0	6916.7	129.3	86.7	4694.4	4.0	66.7	32.1
Tlaxcala F2000	128.3	20.0	5953.7	126.3	86.7	4518.5	1.6	66.7	24.1
Batán F96	126.3	16.7	5851.9	123.3	94.3	4453.7	2.4	76.7	23.9
Pavón F76	138.3	26.7	5527.8	133.3	100.0	4101.9	3.6	73.3	25.8
Milan/Sha7	139.7	13.3	6611.1	134.3	100.0	4027.8	3.8	86.7	39.1
Romoga F96	129.3	26.7	6037.0	123.3	100.0	3703.7	4.6	73.3	38.7
Gálvez M87	125.0	28.3	6092.6	120.0	100.0	3351.9	4.0	71.7	45.0
Náhuatl F2000	125.7	26.7	6240.7	120.3	100.0	3120.4	4.3	73.3	50.0
General	132.3	21.3	6292.6	128.0	89.3	4387.1	3.3	68.0	30.6

DM=Días a la maduración; DMAF=Daño máximo de área foliar. REND=Rendimiento.

P. F76=Pavón F76; T. M87=Temporalera M87, fung.=Fungicida.

4.3.3. Coatepec

En el Cuadro 15 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza para Coatepec, México; se observa que para tratamientos hay diferencias altamente significativas en las variables días a la maduración (DM), daño máximo de área foliar (DMAF) y rendimiento

(REND), mientras que en las variables días a la floración (DF) y altura de planta (AP) la diferencia no fue significativa. Para los genotipos se detectó diferencias altamente significativas en todas las variables respuesta analizadas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa de que por lo menos uno de los genotipos responde de forma diferente en esta localidad. En la interacción tratamiento por genotipo, sólo se observa diferencias significativas en las variables DM y altamente significativas para DMAF; en las otras variables directas evaluadas no se presenta diferencia estadística. Se observa también que los coeficientes de variación (CV) no fueron mayores al 12.97%, los cuales permiten inferir que los resultados reportados son confiables para realizar las pruebas de hipótesis.

Cuadro 15. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Coatepec, Méx. PV/1999.

F. de variación	GL	DF	DM	AP	DMAF	REND
REPETICION	2	5.00 ^{ns}	2.45 ^{ns}	17.87 ^{ns}	23.75 ^{ns}	458741.64 ^{ns}
TRAT	1	2.02 ^{ns}	96.27**	1.67 ^{ns}	24000.00**	6087242.80**
TRAT*REP	2	2.46	2.22	7.46	33.75	317267.88
GENOTIPO	9	136.31**	102.71*	176.14**	2461.85**	2188300.18**
TRAT*GENOT	9	2.42 ^{ns}	4.27*	15.00 ^{ns}	1066.67**	178185.01 ^{ns}
ERROR	36	2.16	1.44	7.70	28.29	167029.25
CV		2.25	1.03	2.88	12.97	9.71

F.=Fuente; REP=Repetición; TRAT=Tratamiento; GENOT=Genotipo; CV=Coeficiente de variación. GL=Grados de libertad; DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En Coatepec el efecto de la aplicación del fungicida en los genotipos se reflejó en DM, reduciendo el ciclo en 2.5 días por efecto de la inoculación de roya de la hoja (*Puccinia recondita*), y porque se presentó en baja incidencia de manera natural mancha bronceada (*Helminthosporium tritici-repentis*).

Estos patógenos causaron en esta localidad un daño foliar en promedio del triple (61%) en comparación con el tratamiento con aplicación, y esa incidencia redujo el rendimiento en promedio de los diez genotipos en 14.1%, equivalente a 637 kg/ha (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en Coatepec, Méx. PV/1999.

TRATAMIENTOS	DF	DM	AP	DMAF	REND
CON FUNGICIDA	65.43 a	117.67 a	96.53 a	21.00 b	4529.2 a
SIN FUNGICIDA	65.06 a	115.13 b	96.20 a	61.00 a	3892.1 b
D.M.H. (5%)	0.77	0.63	1.45	2.79	214.01

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En la comparación entre genotipos se observó diferencias altamente significativas en todas las variables respuesta promedio de los tratamientos, de igual forma por la naturaleza de la investigación, se procederá a analizar aquellas variables en donde el impacto de las enfermedades fue determinante en su expresión (DM, DMAF y REND).

Cuadro 17. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Coatepec, Méx. PV/1999.

GENOTIPO	CON FUNGICIDA			SIN FUNGICIDA			% DE REDUCCIÓN		
	DM	DMAF	REND	DM	DMAF	REND	REDUCCIÓN		
							DM	DAMF	REND
Náhuatl F2000	112.7	15.0	4777.8	112.3	23.3	4527.8	0.30	8.3	5.2
Tlaxcala F2000	115.0	13.3	4976.9	114.3	25.0	4615.7	0.58	11.7	7.3
Rebeca F2000	123.3	15.0	3925.9	121.7	38.3	3625.0	1.35	23.3	7.7
Juchi F2000	117.0	18.3	5416.7	116.3	33.3	4925.9	0.57	15.0	9.1
Romoga F96	115.7	20.0	4685.5	113.7	60.0	4222.2	1.73	40.0	9.9
Milan/Sha7	125.3	13.3	3449.1	120.7	40.0	2990.7	3.72	26.7	13.3
Batán F96	114.7	20.0	4870.4	111.7	90.0	4046.3	2.62	70.0	16.9
Gálvez M87	112.3	43.3	4550.9	108.7	100.0	3615.7	3.26	56.7	20.6
Pavón F76	121.0	26.7	4078.7	116.3	100.0	3004.6	3.86	73.0	26.3
Temporalera M87	119.7	25.0	4560.2	115.7	100.0	3347.2	3.34	75.0	26.6
General	117.7	21.0	4529.2	115.1	61.0	3892.1	2.16	40.0	14.1

DM=Días a la maduración; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En el Cuadro 17 se presentan las medias en los tratamientos con y sin fungicida por genotipo en donde se observa que los más susceptibles (principalmente a roya de la hoja) fueron: Temporalera M87, Gálvez M87, Pavón F76 y Batán F96 (90100% DMAF), mientras que en general las variedades nuevas (F2000) fueron más tolerantes (2333% DMAF); el daño severo en el área foliar en los genotipos testigo redujo el ciclo hasta en 5 días a la madurez (Pavón F76) y el rendimiento de grano hasta un poco más del 26%

(Pavón F76 y Temporalera M87), equivalente este último a más de 1000 kg/ha; mientras que en las variedades nuevas catalogadas como tolerantes para este sitio la reducción en el ciclo fue mínima (12 días) y en el rendimiento de grano varió de 5.2% (Rebeca F2000) hasta casi 10% (Juchi F2000).

4.3.4. Nanacamilpa

En el Cuadro 18 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza, en donde se observa que para tratamientos hay diferencias altamente significativas en todas las variables directas en estudio. Respecto a los genotipos se observa diferencias estadísticas altamente significativas en todas las variables respuesta analizadas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa de que por lo menos uno de los genotipos responde de forma diferente en Nanacamilpa. En la interacción tratamiento por genotipo, sólo se observa diferencias altamente significativas en la variable AP y DMAF; en las otras variables directas evaluadas no se presenta diferencia estadística. En el mismo cuadro se observa que los coeficientes de variación (CV) no fueron mayores al 9.52%, los cuales permiten inferir que los resultados reportados son confiables para realizar las pruebas de hipótesis.

Cuadro 18. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Nanacamilpa, Tlax. PV/1999.

F. de variación	GL	DF	DM	AP	DMAF	REND
REPETICION	2	0.52 ^{ns}	1.32 ^{ns}	2.92 ^{ns}	51.67 ^{ns}	150462.96**
TRAT	1	2.02**	38.40**	106.67**	47601.67**	155606.99**
TRAT*REP	2	0.32	1.05	90.42	111.67	18724.28
GENOTIPO	9	38.35**	56.93**	64.07**	748.89**	88054.41**
TRAT*GENOT	9	0.22 ^{ns}	1.03 ^{ns}	16.85 ^{ns}	474.81**	7165.92 ^{ns}
ERROR	36	0.23	2.34	13.80	21.02	11344.74
CV		0.70	1.22	4.07	9.52	9.16

F.=Fuente; REP=Repetición; TRAT=Tratamiento; GENOT=Genotipo; CV=Coeficiente de variación. GL=Grados de libertad; DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

El efecto de la falta de aplicación del fungicida en los genotipos se reflejó en DM, reduciendo el ciclo en poco más de 2 días porque en Nanacamilpa, Tlaxcala se inoculó tizón de la gluma (*Septoria nodorum*), y además se presentó en forma natural y en

baja proporción tizón foliar causado por *Septoria tritici*, tizón foliar causado por *Helminthosporium sativum* y mancha bronceada (*Helminthosporium tritici-repentis*=*Pyrenophora trichostoma*).

En esta localidad los patógenos causaron en promedio un daño foliar de más del triple (76%) en comparación con el tratamiento con aplicación, y esa incidencia redujo el rendimiento en promedio de los diez genotipos en 8.39%. (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en Nanacamilpa, Tlax. PV/1999.

TRATAMIENTOS	DF	DM	AP	DMAF	REND
CON FUNGICIDA	68.50 a	127.23 a	89.83 a	20.00 a	1213.4 a
SIN FUNGICIDA	68.13 b	125.63 b	92.50 b	76.33 b	1111.6 b
D.M.H. (5%)	0.25	0.81	2.37	2.40	55.77

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En la comparación entre genotipos se observa diferencias altamente significativas en todas las variables respuesta promedio de los tratamientos, de igual manera que en las localidades anteriores, se procederá a analizar aquellas variables en donde el impacto de las enfermedades fue determinante en su expresión (DM, DMAF y REND).

En el Cuadro 20 se presentan las medias en los tratamientos con y sin fungicida por genotipo para las variables (DM, DMAF y REND), donde se observa que los más susceptibles fueron: Romoga F96, Gálvez M87, Milan/Sha7, Pavón F76, Náhuatl F2000 y Batán F96 (83-97% DMAF), mientras que en general las variedades nuevas (F2000), a excepción de Náhuatl F2000, fueron más tolerantes (43-57% DMAF); este daño severo en el área foliar en los genotipos testigo redujo el ciclo hasta en 3 días a la madurez (Milan/Sha7) y el rendimiento de grano hasta un poco más del 20% (Milan/Sha7), mientras que en las variedades nuevas catalogadas como tolerantes para este sitio la reducción en el ciclo fue mínima (1-2 días) y en el rendimiento de grano varió de 2.2% (Juchi F2000) a 5.4% (Rebeca F2000).

En la Figura 6 se observa que las variedades nuevas (F2000) presentaron menor efecto en DMAF y REND por el daño de las enfermedades, por lo que se pueden catalogar como más tolerantes a manchas y tizones foliares, a excepción de Náhuatl F2000.

Cuadro 20. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Nanacamilpa, Tlax. PV/1999.

GENOTIPO	CON FUNGICIDA			SIN FUNGICIDA			% DE REDUCCIÓN		
	DM	DMAF	REND	DM	DMAF	REND	DM	DMAF	REND
Tlaxcala F2000	124.7	20.0	1407.4	123.7	56.7	1347.2	0.80	36.7	4.28
Rebeca F2000	133.0	16.7	1277.8	132.0	46.7	1208.3	0.75	30.0	5.44
Juchi F2000	125.7	15.0	1213.0	124.7	43.3	1185.2	0.80	28.3	2.29
Náhuatl F2000	124.0	23.3	1338.0	122.7	90.0	1185.2	1.07	66.7	11.4
Batán F96	125.3	21.7	1259.3	124.0	83.3	1171.3	1.06	61.7	6.99
Romoga F96	126.7	21.7	1217.6	125.3	86.7	1111.1	1.06	65.0	8.75
TemporaleraM87	128.0	18.3	1060.2	126.7	76.7	1050.9	1.04	58.3	0.87
Gálvez M87	124.3	25.0	1111.1	122.7	96.7	976.8	1.34	71.7	12.1
Milan/Sha7	132.7	18.3	1213.0	129.0	93.3	963.0	2.77	75.0	20.6
Pavón F76	128.0	20.0	1037.0	125.7	90.0	916.7	1.82	70.0	11.6
General	127.2	20.0	1213.4	125.6	76.3	1111.6	1.26	56.3	8.4

DM=Días a la maduración; DMAF=Daño máximo de área foliar. REND=Rendimiento.

4.3.5. Potzumarán

Para Potzumarán, Michoacán, se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza en el Cuadro 21, en donde se observa para tratamientos diferencias altamente significativas en las variables directas DM, DMAF y REND; en AP la diferencia no fue significativa. En los genotipos se detectó diferencias estadísticas altamente significativas en todas las variables analizadas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa de que por lo menos uno de los genotipos responde de forma diferente. En la interacción tratamiento por genotipo, sólo se observa diferencias altamente significativas en la variable DMAF, en las otras variables directas evaluadas no se presenta diferencia estadística. En el mismo cuadro se observa que los coeficientes de variación (CV) no fueron mayores a 13.24%, los cuales permiten inferir que los resultados reportados son confiables para realizar las pruebas de hipótesis.

Cuadro 21. Cuadrados medios del análisis de varianza de 10 genotipos de trigo evaluados con y sin fungicida en Potzumarán, Mich. PV/1999.

F. de variación	GL	DF	DM	AP	DMAF	REND
REPETICION	2	3.26**	18.87 ^{ns}	10.42 ^{ns}	27.92 ^{ns}	494418.21*
TRAT	1	0.15 ^{ns}	326.67**	26.67 ^{ns}	29481.67**	8910619.34**
TRAT*REP	2	1.40	12.06	10.42	67.92	86275.21
GENOTIPO	9	38.46**	49.12**	122.22**	1465.18**	1367674.67**
TRAT*GENOT	9	0.22 ^{ns}	21.81 ^{ns}	40.56 ^{ns}	712.22**	242769.55 ^{ns}
ERROR	36	0.42	10.63	24.31	32.17	141878.49
CV		0.98	2.41	5.53	13.24	10.44

F.=Fuente; REP=Repetición; TRAT=Tratamiento; GENOT=Genotipo; CV=Coeficiente de variación. GL=Grados de libertad; DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En la comparación entre genotipos se observa diferencias altamente significativas en todas las variables respuesta promedio de los tratamientos, de igual forma por la naturaleza de la investigación, se procederá a analizar aquellas variables en donde el impacto de las enfermedades fue determinante en su expresión (DM, DMAF y REND).

El efecto de la aplicación del fungicida en los genotipos se reflejó en DM, reduciendo el ciclo en casi 5 días, porque en esta localidad se presentaron severamente y en forma natural tizón de la espiga (*Fusarium nivale*), Roña y pudrición de la corona del trigo (*Fusarium graminearum*), tizón de la gluma (*Septoria nodorum*) y tizón foliar (*Septoria tritici*).

Estos patógenos causaron en promedio un daño foliar de más del triple (65%) en comparación con el tratamiento con aplicación, y esa incidencia redujo el rendimiento en promedio de los diez genotipos en 20% (Cuadro 22).

Cuadro 22. Comparación de medias entre tratamientos para las variables directas en estudio en Potzumarán, Mich. PV/1999.

TRATAMIENTOS	DF	DM	AP	DMAF	REND
CON FUNGICIDA	66.43 a	137.40 a	88.50 a	20.67 a	3992.04 a
SIN FUNGICIDA	66.53 a	132.73 b	89.83 b	65.00 b	3221.30 b
D.M.H. (5%)	0.34	1.71	2.58	2.97	197.24

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%). DF=Días a la floración; DM=Días a la maduración; AP=Altura de planta; DMAF=Daño máximo de área foliar; REND=Rendimiento.

En el Cuadro 23 se presentan las medias de los genotipos en los tratamientos con y sin fungicida para las variables en estudio; se observa que en esta localidad los genotipos más susceptibles fueron: Gálvez M87, Pavón F76, Náhuatl F2000, Batán F96 y Romoga F96 (83-100% DMAF), mientras que las variedades nuevas (F2000), excepto Náhuatl F2000, fueron más tolerantes (30-43% DMAF); este daño severo en el área foliar en los genotipos testigo le redujo el ciclo hasta en 10 días a la madurez (Romoga F96) y el rendimiento de grano hasta un poco más del 36% (Pavón F76), equivalente este último a más de 1400 kg/ha; mientras que en las variedades nuevas catalogadas como tolerantes para este sitio la reducción en el ciclo fue mínima (1 día), excepto para Náhuatl F2000 que se acortó en 6 días, y el rendimiento de grano disminuyó de 2.5% (Rebeca F2000) a 15% (Tlaxcala F2000). Lo cual confirma que Rebeca F2000, Juchi F2000, Milan/Sha7 y Tlaxcala F2000 son los genotipos más tolerantes a tizón y manchas foliares.

Cuadro 23. Comparación de promedios de los genotipos para las variables directas con y sin fungicida en Potzumarán, Mich. PV/1999.

GENOTIPO	CON FUNGICIDA			SIN FUNGICIDA			% DE		
	DM	DMAF	REND	DM	DMAF	REND	REDUCCIÓN		
							DM	DAMF	REND
Rebeca F2000	140.3	13.3	4416.7	142.0	30.0	4305.6	1.2	16.7	2.5
Milan/Sha7	136.0	13.3	4305.6	135.7	30.0	3963.0	0.2	16.7	8.0
Juchi F2000	135.0	15.0	3888.9	135.0	43.3	3490.7	0.0	28.3	10.2
Tlaxcala F2000	136.0	20.0	3963.0	130.3	43.3	3361.1	4.2	23.3	15.2
TemporaleraM87	139.3	20.0	4620.4	136.0	66.7	3694.4	2.4	46.7	20.0
Batán F96	134.0	23.3	3574.1	128.3	76.7	2629.6	4.3	53.3	26.4
Náhuatl F2000	136.0	26.7	3633.3	130.0	80.0	2787.0	4.4	53.3	23.3
Romoga F96	137.7	25.0	4027.8	127.7	83.3	2898.1	7.3	58.3	28.1
Pavón F76	139.3	23.3	3981.5	131.0	96.7	2546.3	6.0	73.4	36.1
Gálvez M87	139.3	26.7	3509.3	131.3	100.0	2537.0	5.7	73.3	27.7
General	137.4	20.7	3992.0	132.7	65.0	3221.2	3.4	44.3	19.3

DM=Días a la maduración; DMAF=Daño máximo de área foliar. REND=Rendimiento.

4.4. Discusión general

En la matriz de correlaciones del análisis conjunto por tratamiento con y sin fungicida se observa que en los dos tratamientos el rendimiento de grano se asoció de manera positiva y altamente significativa, en orden de mayor importancia con granos por metro cuadrado (GPMC), biomasa (BIOM), espigas por metro cuadrado (EPMC) e índice de cosecha (IC), variables que deben ser vinculadas con la mayor productividad. Esto concuerda con lo reportado por Zillinsky (1984), quien señala que las enfermedades foliares afectan las características de las diferentes variables del trigo. Sin embargo, se encontraron algunas diferencias al comparar los tratamientos; en el tratamiento sin fungicida se redujo el grado de asociación del rendimiento con peso de mil granos, índice de cosecha y altura de planta en 9, 13 y 15 unidades porcentuales respectivamente, frente al tratamiento con fungicida, concordando con lo reportado por Blanco (1998), Leyva (1998), Zillinsky (1984) y Wiese (1977). Lo anterior indica que cuando no se controló las enfermedades se redujo la expresión de estos caracteres y consecuentemente su asociación con el rendimiento, lo cual significa que el rendimiento de grano tiende a asociarse en menor magnitud con estas variables cuando inciden los patógenos.

El cambio más significativo fue sin duda con el grado de asociación del rendimiento con el DMAF; esto quiere decir que cuando no se controló las enfermedades el rendimiento se redujo a medida que se incrementa el daño máximo del área foliar, lo cual concuerda con lo reportado por Stubbs *et al.* (1986), quienes indican que las enfermedades foliares disminuyen el rendimiento, y con lo reportado por SARH (1992) y Agrios (1998) sobre las enfermedades, que pueden producir una alteración en la anatomía y/o fisiología normal que generalmente causan disminución en el área foliar, que a su vez ocasiona disminución de la fotosíntesis, extracción de nutrientes de las hojas por el patógeno y retraso en el crecimiento, que depende este último del grado, intensidad del daño y de la susceptibilidad del hospedante, lo que ocasionará disminución en la calidad o cantidad de la producción.

De acuerdo con el análisis general conjunto realizado en la presente investigación (Cuadro 2), resalta que ésta se realizó en sitios altamente contrastados, que las enfermedades fungosas afectan significativamente la producción y que existe gran variación entre genotipos; estos resultados confirman lo indicado por Moreno y Álvarez (1984) y por Villaseñor y Espitia (1994 y 2000a) sobre lo contrastado y cambiante de los ambientes de temporal, en segundo término corroboran lo reportado en diversas investigaciones sobre el efecto de los patógenos sobre el rendimiento (Prinstrup-Andersen, 2000; Stubbs *et al.*, 1986; Blanco, 1998; Alvarez, 1992; Romero, 1998 y Latorre, 1999), y finalmente, respaldan la importancia de un programa de mejoramiento genético, ya que las nuevas variedades fueron más productivas que las variedades testigo (Villaseñor y Espitia, 1994, 2000a y 2000c).

No obstante con los resultados antes discutidos, la esencia de la presente investigación va mas allá de lo reportado, ya que se requiere conocer el efecto en particular de los diferentes patógenos, el nivel de tolerancia de las nuevas variedades y determinar si alguna o algunas de éstas presentan resistencia múltiple a enfermedades. En función de lo anterior, se presentó el análisis individual por sitio, resaltando los siguientes resultados:

En Chapingo y Coatepec, México, la roya de la hoja, fue el principal problema, asociada con mancha bronceada, roya amarilla y tizón foliar (*Cochliobolus sativus*); éstos llegan a causar pérdidas de hasta 27% en los genotipos más susceptibles, y las nuevas variedades (F2000) son más resistentes que las variedades testigo, de acuerdo con el porcentaje de área foliar dañada (DMAF) y la reducción en el rendimiento. En el caso particular de estos patógenos, es evidente que a través del mejoramiento genético se ha logrado el control de los mismos, sobresaliendo la variedad Juchi F2000 por su alto rendimiento y mayor tolerancia; Tlaxcala F2000, Rebeca F2000 y Náhuatl F2000, también se destacan, ya sea por su alta productividad o por su tolerancia, concordando con lo reportado por Leyva y González (2000) y por Huerta y Singh (2000).

En las otras localidades, Nanacamilpa, Juchitepec y Potzumarán, predominaron las enfermedades foliares como los tizones foliares y de la espiga, mancha bronceada y roñas, las mismas que llegaron a causar pérdidas en el rendimiento de hasta 50%, que en algunos casos puede llegar a ser de 3000 kg/ha, resultados que concuerdan con lo reportado por Leyva y González (2000). En general, los genotipos no presentaron resistencia genética a estos patógenos, detectándose en el mejor de los casos tolerancia en la variedad Rebeca F2000. Las nuevas variedades F2000 no llegaron a manifestar la misma resistencia que lo observado en ambientes más secos donde predomina la incidencia de royas; sin embargo, destaca Rebeca F2000 y Juchi F2000 como los genotipos más tolerantes. Tlaxcala F2000 igualó al testigo menos susceptible, mientras que Náhuatl F2000 se ubicó entre los más susceptibles en este tipo de ambientes.

Resulta evidente que manteniendo un programa continuo de mejoramiento genético es la mejor estrategia para controlar los patógenos que atacan a muchos cultivos importantes, en este caso a los patógenos fungosos que causan enfermedades foliares en trigo concordando con lo indicado por Alexopoulos (1979), Prinstrup-Andersen (2000), Stubbs *et al.* (1986), Romero (1998); Leyva y González (2000), Huerta y Singh (2000) Villaseñor y Espitia (1994, 2000a y 2000c), Zillinsky (1984), Wiese (1977), SARH (1992) y Agrios (1998); además, es la mejor estrategia que debe ser utilizada en un manejo integrado de plagas, de acuerdo a los conceptos desarrollados por Prinstrup-Andersen (2000), y en programas de agricultura orgánica e inocuidad alimentaria.

5. CONCLUSIONES

En las cinco localidades incidieron diferencias especies de patógenos fungosos causantes de enfermedades foliares. En Chapingo y Coatepec, México, incidió roya de la hoja, como principal problema, asociada con mancha bronceada, roya amarilla y tizón foliar (*Cochliobolus sativus*); esos patógenos llegan a causar pérdidas en los rendimientos de hasta 27% en los genotipos más susceptibles. En Nanacamilpa, Juchitepec y Potzumarán, predominan las enfermedades foliares como los tizones foliares y de la espiga, mancha bronceada y roñas, las mismas que llegaron a causar pérdidas en el rendimiento de hasta 50%, que en algunos casos puede llegar a ser de 3000 kg/ha.

En forma general, los nuevos genotipos (F2000) presentaron ventajas importantes, ya sea por su tolerancia a las enfermedades foliares o por su rendimiento superior a los genotipos testigo. Particularmente Rebeca F2000 alcanzó la mayor producción y le siguieron los genotipos Tlaxcala F2000, Juchi F2000 y Náhuatl F2000.

En ambientes de temporal moderadamente lluviosos en donde predomina la incidencia de roya de la hoja las variedades Rebeca F2000, Juchi F2000, Tlaxcala F2000, Náhuatl F2000 y Romoga F96 fueron genotipos resistentes y se destacan por su tolerancia a enfermedades y por su alta productividad.

Las nuevas variedades F2000 en ambientes lluviosos no llegaron a manifestar la misma resistencia que la observada en ambientes más secos; sin embargo, destaca Rebeca F2000 y Juchi F2000 como los genotipos más tolerantes. Tlaxcala F2000 igualó al testigo menos susceptible (Temporalera M87), mientras que Náhuatl F2000 se ubicó entre los más susceptibles en este tipo de ambientes.

En el caso particular de estos patógenos es evidente que a través del mejoramiento genético se ha logrado un buen control de los mismos, sobresaliendo la variedad Juchi F2000 por su alto rendimiento y mayor tolerancia en general a los diferentes patógenos en estudio; Tlaxcala F2000, Rebeca F2000 y Náhuatl F2000, también se destacan ya sea por su alta productividad o por su tolerancia.

Estos resultados permiten recomendar el uso de variedades mejoradas como la mejor estrategia para controlar satisfactoriamente las enfermedades foliares, estrategia que responde a los conceptos de MIP, agricultura orgánica e inocuidad alimentaria.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, N. G. 1998. Fitopatología. 2ª ed. Editorial Limusa, S.A. México. 838 p.
- Agrios, N. G. 1985. Fitopatología. 2ª ed. Editorial Limusa, S.A.. México. 756 p.
- Agrios, N. G. 1978. Plant Pathology. Academic Press Inc. 2ª ed. L.T.O. México. 629 p.
- Alexopoulos, C. 1979. Introducción a la micología. 3ª edición. Eudeba S. E. M. Argentina. 615 p.
- Alvarez, R. 1992. Patogénesis de *Cochliobolus sativus* (Ito y Kur.) Dresh. (*Helminthosporium sativum* P.K.B) y la resistencia en hoja y espiga de trigo. Tesis de Maestría en Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Arce, T. L. E. 1989. Efecto fecha de siembra en la incidencia de enfermedades en trigo (*Triticum aestivum*), en el Municipio de Mariano Riva Palacio. Tesis de Licenciatura, UACH. Chapingo. México. 98 p.
- Arjona, C.A. 1975. Estudio sobre la mancha café de la hoja del trigo, causada por *Septoria tritici*. Rob. y Desm. En México y Guatemala. Tesis de Maestría en Fitopatología, C.P. Chapingo, México.
- Ayón, R. I. A. 1989. Identificación de enfermedades que atacan al trigo (*Triticum aestivum* L.) En Juchitepec, México y su incidencia en relación con las condiciones climáticas. Tesis de Licenciatura, UACH. Chapingo. México. 83 p.
- Bekele, G. T. 1987. Historia de la participación del CIMMYT. Taller sobre fusariosis de la espiga en América del Sur. CIMMYT. Paraguay. Pp. 119-124.
- Blanco, A. M. 1998. Efectos de enfermedades foliares fungosas en trigo (*Triticum aestivum* L.) de temporal. Tesis (Maestro en Ciencias en Protección Vegetal). UACH. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. 125 p.
- Borlaug, N. 1997. The green revolution: Past successes and future challenges. *In*: Pacheco Covarruvias, J. J. y L. Pérez Solis (comps.) Primer Simposium Internacional de Trigo. 79 de Abril. Cd. Obregón, Sonora, México. INIFAP y CIMMYT. Pp 5-17.

- Consejo Nacional Agropecuario. 1999. Estadísticas básicas 1989-1998. México.
- Dahal, A. 1934. Snowmold of turf grasses as caused by *Fusarium nivale*. *Phytopathology*. 24:197-214.
- Díaz, M.; Stewart, S. and Ibañez, W. 1993. Pathogenic Variability of *Septoria tritici* isolates from South America. Proceedings of the *Septoria tritici* Workshop. CIMMYT. Mexico. p. 41-50.
- Dickson, J. 1963. Enfermedades de las plantas de gran cultivo. Colección Agrícola Salvat. Pp. 275-277.
- Domínguez, F. 1998. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. 9ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. España. 821 p.
- Dubin, H. J. and Torres, E. 1981. Causes and consequences of the wheat leaf rust epidemic in northwest México. *Ann. Rev. Phytopathology* 19:41-49.
- Eyal, Z., A.L. Sharen, J.M. Prescott y M. Van Ginkel. 1987. Enfermedades de trigo causadas por *septoria*. Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. México, D.F. CIMMYT. 45 p.
- Eyal, Z. 1981. Integrate control of *Septoria* diseases of wheat. *Plant Disease* 65:763-768.
- Galich, T. 1987. Importancia y distribución de la fusariosis del trigo en Argentina. INTA. Marco Juárez. Argentina. Taller sobre fusariosis de la espiga en América del Sur. CIMMYT. Pp. 717.
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4ª edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. D. F. 256 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 3ª edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. D. F. p. 192.
- Gilchrist, L.; Fuentes, S. y de la I. De B.M.L. 1984. Identificación de un tizón de la hoja y su manejo bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Fitopatología.

- Gilchrist, L.I. 1982, *Helminthosporium tritici-repentis* (= *Pyrenophora trichostoma*) como agente causal del tizón del trigo, prevalente en el Estado de Michoacán, México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- González, G. 1990. Evaluación de tres variedades de trigo para temporal y tres para riego, bajo condiciones de temporal. Tesis. UNAM. México.
- Hernández, R. 1993. Identificación y cuantificación de patógenos asociados a la semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.) asperjado con fungicidas en campo de Juchitepec, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo. México.
- Huerta E., J. y R. P. Singh. 2000. Las royas del trigo. Pp. 231-251. In: Villaseñor M., H. y E. Espitia. (eds). El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de Méx., México, SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 315 p. (Libro Técnico No. 1).
- INEGI. 1995. El sector alimentario en México. Aguascalientes, México. 316 p.
- Ireta M., J. 1986. Estimación de las pérdidas en trigo (*Triticum* sp.) causadas por la roña (*Fusarium graminearum* Schw.). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 85 p.
- Jamalainen, A. 1974. Resistance in winter cereals and grasses, to low temperature parasitic fungi. Ann. Rev. of Phytopathology. 12:281-302.
- Jones, D. and Clifford B. 1983. Cereal diseases their pathology and control. De John Wiley and Sons Lta. 309 p.
- Kohli, M. M. 1985. Identifying wheats adapted to more tropical areas of the Southern Cone of South America. In: Wheats for More Tropical Environments, A Proceedings of the International Symposium. México, D.F.: CIMMYT Pp. 111-115.
- Larez, C. R; R. M. Hosford and T. P. Freeman. 1986. Infection of wheat and Oats by *Pyrenophora tritici-repentis* and initial characterization of resistance. Phytopathology 76:631-696.
- Latorre, B. 1999. Enfermedades de las plantas cultivadas. 5ª ed. Alfaomega Grupo Editor. México. 646 p.

- Leyva M., G. y R. M. González. 2000. Descripción y control de tizones, manchas foliares y roña de la espiga del trigo. Pp. 253-287. In: Villaseñor M., H. y E. Espitia. (eds). El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de Méx., México, SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 315 p. (Libro Técnico No. 1).
- Leyva M., G. 1998. Comportamiento de aislamientos de *Septoria tritici* solos y en mezcla, inoculados en diferentes genotipos de trigo harineros (*Triticum aestivum* L.), México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 86 p.
- Leyva M., G.; Zavaleta E.; Khairalla, M.; Gilchrist, L. y Osada S. 1997. Comparación de genotipos de trigo harinero susceptibles y resistentes inoculados con tres aislamientos de *Septoria tritici* individuales y en mezcla. Instituto de Fitosanidad, avance de investigación. Colegio de Postgraduados. Pp. 114-116.
- Leyva M., G. y Villaseñor, H. 1992. Evaluación de fungicidas para el control de enfermedades foliares en trigo en Juchitepec. México. Revista Mexicana de Fitopatología.
- Leyva M., G. y Romero C., S. 1982. Especies de *Helminthosporium* de la cebada en México. Agrociencia. México. 50:79-92.
- Loughman, A. and Deverall, J. 1986. Infection of resistant and susceptible cultivars of wheat by *Pyrenophora tritici-repentis*. Plant Pathology. 35:443-450.
- Mehta, R. 1993. Manejo integrado de enfermedades del trigo. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT). Bolivia. 314 p.
- Mendoza, C. 1993. Diagnóstico de enfermedades fungosas. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. México. Pp. 62-69.
- Moreno, G. R. 1992. Obtención de variedades de trigo para siembras de temporal. Centro de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias del Estado de México. Primera Conferencia Nacional de Trigo '88. SARHINIFAP. Cd. Obregón. Sonora, México. Pp. 197-208.
- Moreno, R. y Alvarez, R. 1984. Las royas del trigo en México. SARH-INIA-CIAMEC: Campo Agrícola Experimental valle de México, Chapingo, México. Folleto No. 2. 17 p.

- Oregon State University Extension. 2000a. Wheat (*Triticum aestivum*) Common Root, Crown, and Foot Rot. An Online Guide to Plant Disease Control. <http://plant-disease.orst.edu/>
- Oregon State University Extension. 2000b. Wheat (*Triticum aestivum*) --Leaf Rust. An Online Guide to Plant Disease Control. <http://plant-disease.orst.edu/>
- Oregon State University Extension. 2000c. Wheat (*Triticum aestivum*) --*Septoria* Leaf Blotch and Glume Blotch. An Online Guide to Plant Disease Control. <http://plant-disease.orst.edu/>
- Ortega, G. 1997. Efecto de las enfermedades foliares en diez variedades de trigo harinero y su repercusión en el rendimiento de grano y calidad de semilla. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Pingali, P. L. (ed.). 1999. CIMMYT 1998/99 World Facts and Trends. Global Wheat Research in a Changing World - Challenges and Achievements. Mexico, D.F.: CIMMYT. 46 p.
- Pinstrup-Andersen, P., 2000. The Future World Food Situation and the Role of Plant Diseases. 11 p. <http://www.scisoc.org/feature/FoodSecurity/Top.html>
- Platz, W. and Morral, A. 1980. Effects of wind speed and humidity on conidium liberation of *Pyrenophora tritici-repentis*. Canadian Journal of plant pathology 2:58-64.
- Prescott, J. M.; P. A. Burnett; E. E. Saari; J. Ranson; J. Bowman; W. de Milliano; R. P. Singh, G. Bekele. 2000. Wheat Diseases and Pests: a guide for field identification. International Maize and Wheat Improvement Center. Lisboa 27, Apdo. Postal 6641, 06600 Mexico, D.F. HTML version developed. <http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/wheatpests.html#spotblotch>.
- Prescott, M., Burnett, E.; Saari. 1986. Enfermedades y plagas del trigo. Una guía para su identificación en campo. CIMMYT, México, D.F. México.
- Rajaram, S. and Singh, R. P. 1985. Suggested epidemiology of *Puccinia Recondita tritici* in México. Resúmenes. XII Congreso Nacional/XXV Annual Meeting. Sociedad Mexicana de Fitopatología - American Phytopathological Society, Caribbean Division.

- Rajaram, S., R. P. Sing, and M. van Ginkel. 1996. Approaches to breeding wheat for wide adaptation, rust resistance, and drought tolerance. 8 th Assembly of the Wheat Breeding Paper Society of Australia. 29 September - 4 October, 1996. Canberra, Australia.
- Raymond, J.; Bocks, W. and Norman, B. 1985. Tan spot of winter wheat. Procedures to determine host response. *Phytopathology*. 75:686-690.
- Reamaekers, H. 1985. Breeding wheats with resistance to *H. sativum* in Zambia. In *Wheats for Mor Tropical Environments. A Proceedings of the international Symposium*. México, D.F.: CIMMYT. Pp. 145-148.
- Rees, G. and Platz, J. 1979. The occurrence and control of yellow spot of wheat in ortheastem Australia. *Aus. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 9:369-372.
- Reis, M. 1987. Fusariosis: Biología y epidemiología de *Gibberella zeae* en trigo. EMBRAPA Passo Fundo, RS. Brasil. Taller sobre fusariosis de la espiga en América del Sur. CIMMYT. Pp. 97-102.
- Rodríguez V., J. 1992. Importancia del trigo en la producción de alimentos en México. Pp 5-34. Ira. Conferencia Nacional de Trigo en México. SARH-INIFAP-CIPAF, Sonora. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Romero C., S. 1993. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 62 p.
- Romero C., S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 347 p.
- SAGAR. 1997. Datos Básicos del Sistema Nacional de Información Agropecuaria. México, D.F., México.
- Sanderson, R. 1976. A *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Sanderson Colm. nov. the ascogenous state of *Septoria Tritici* Rob apud Desm. *N. Z. J. of Botany*, 14:159-360.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1992. Guía Fitosanitaria para el cultivo de trigo. México. Pp. 1-80.
- Secretaría de Gobernación. Gobierno del Estado de México. 1988. Enciclopedia de los Municipios del Estado de México. México. D. F. Pp. 112-208.

- Shaner, G. and Finney, R. 1976. Weather and epidemics of Septoria leaf blotch of wheat. *Phytopathology*. 66:781-785.
- Smith, I.; Du nez J.; Philips, D.H.; Lelliott, R. y Archer, S. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Madrid, España. Pp. 535-589.
- Stubbs, R. A, Prescott J. M, Saari E. y Dubin H. J. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. CIMMYT, México. 46 p.
- Sutton, C. 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canadian Journal of plant pathology* 4:195-209.
- VanDyk, J. 1999. Controlling wheat leaf diseases in 1999. Plant Disease. Integrated Crop Management. Departament of Entomology, Iowa State University. <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/1999/5-3-1999/controlwh dis.htm>
- Villaseñor M., H. y E. Espitia. 2000a. Características de las áreas productoras de trigo de temporal: problemática y condiciones de producción. Pp. 85-98. In: Villaseñor M., H. y E. Espitia. (eds). El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de Méx., México, SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 315 p. (Libro Técnico No. 1).
- Villaseñor M., H. y E. Espitia. 2000b. Mejoramiento genético de trigo para temporal. Pp. 19-122. In: Villaseñor M., H. y E. Espitia. (eds). El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de Méx., México, SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 315 p. (Libro Técnico No. 1).
- Villaseñor M., H. y E. Espitia. 2000c. Variedades de trigo recomendadas para siembras de temporal en México. Pp. 151-176. In: Villaseñor M., H. y E. Espitia. (eds). El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de Méx., México, SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 315 p. (Libro Técnico No. 1).
- Villaseñor M., H. 2000. Importancia del Trigo. Pp. 7-24. In: Villaseñor M., H. y E. Espitia. (eds). El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de Méx., México, SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 315 p. (Libro Técnico No. 1).

- Villaseñor M., H. 1996. Selección recurrente a una población de trigo de apareamiento aleatorio mediante el uso de la andro-esterilidad. Tesis de Doctorado en Ciencias, especialidad en Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 186 p.
- Villaseñor M., H. y E. Espitia. 1994. La producción de trigo y la investigación en México. Pp. 91-104. In. M. Bauer, I. Chong, E. Moreno, J. Quintanilla y F. Torres. (eds.). Foro de Consulta Permanente. El Agua y la Energía en la Cadena Alimentaria. UNAM, México.
- Villaseñor M., H. 1992. Mejoramiento genético de trigo para la obtención de variedades temporaleras resistentes a *Puccinia recondita* para los Valles Altos de México. Primera Conferencia Nacional de Trigo. 1988. SARH-INIFAP. Cd. Obregón. Sonora, México.
- Warham, E. J.; L. D. Butler; B. C. Sutton. (S/F). Ensayos para la semilla del maíz y trigo. Manual de laboratorio. CIMMYT. Sistemas sostenibles de maíz y trigo.
- Weber, G. 1922. *Septoria* diseases on wheat. *Phytopathology* 12:558-585.
- Wiese, L. 1977. Compendium of wheat diseases. The American Phytopathology Society. Pp. 112-113.
- Wiese, M. 1986. Compendio de enfermedades del Trigo. The American Phytopathological Society. Primera Edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. Uruguay. 155 p.
- Wiese, M. 1977. Compendium of wheat diseases. St. Paul, Minnesota. U.S.A. The American Phytopathological Society. 106 p.
- Yamada, K.; Takahashi, H. and Tanaka T. 1973. Studies on alternate host, *Thalictrum thumbergii* DC., as an origin of physiologic races of wheat leaf rust, *Puccinia recondita* Roberge ex Desm. F. sp. tritici in Japan. Rep. Tottori Mycol Inst. 10: 283-302.
- Zillinsky, F. J. 1984. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. Centro Internacional para el mejoramiento de maíz y trigo. CIMMYT. El Batán, México. 141 p.
- Zillinsky, F. J. 1983. Enfermedades comunes de los cereales de grano pequeño; una guía para su identificación. CIMMYT. México.

