

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**BIODIVERSIDAD DE HONGOS ASOCIADOS A LA SEMILLA DE TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) DE TEMPORAL**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS EN PROTECCION VEGETAL

P R E S E N T A:



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

MA. IRENE EMMA SANDOVAL MARTINEZ

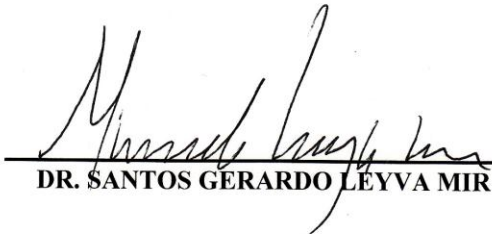
Chapingo, Estado de México, septiembre de 2011.

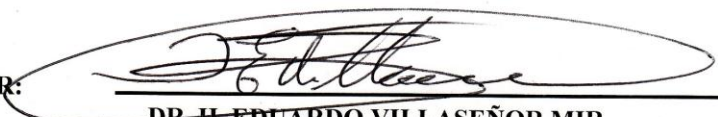


**BIODIVERSIDAD DE HONGOS ASOCIADOS A LA SEMILLA DE TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) DE TEMPORAL**

Tesis realizada por la **Ing. Ma. Irene Emma Sandoval Martínez** bajo la dirección del Dr. Santos Gerardo Leyva Mir, aprobada por el Comité Asesor indicado y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR: 
DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR: 
DR. H. EDUARDO VILLASEÑOR MIR

ASESOR: 
M.C. MARÍA FLORENCIA RODRÍGUEZ GARCÍA

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestra en Ciencias.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por ser mi alma mater y brindarme las facilidades para mi formación y obtención de un grado académico.

Al Departamento de Parasitología Agrícola por la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal.

A los profesores de la Maestría en Protección Vegetal por contribuir en mi formación académica y compartir sus conocimientos para alcanzar mi culminación académica.

Al Dr. S. Gerardo Leyva Mir, por la confianza y las aportaciones oportunas durante la realización de este trabajo de investigación, pero sobre todo por su amistad.

Al Dr. H. Eduardo Villaseñor Mir, por la confianza, aportaciones y las facilidades otorgadas para la realización de la presente investigación.

AL M.C. María Florencia Rodríguez García, por sus sugerencias y aportaciones otorgadas para la realización de la presente investigación.

A los laboratoristas Marianita y Don Juanito por el apoyo brindado durante mi estancia en el laboratorio de micología del departamento de Parasitología Agrícola.

A mis compañeros del postgrado por su apoyo, pero sobre todo por su amistad que hizo más llevadero mi paso por la maestría en Protección Vegetal y de la cual estaré siempre agradecida: Mary, Deixy, Heriberto, Elizabeth, Susi, Marina, Gerardo, Enedino, Tanya, Rocío, Martha, Sandy, Kenia y Andresito.

A la familia Caamal Pat que gracias a su valioso apoyo fue más fácil mi estancia y la de mi familia en Texcoco, siempre les estaré muy agradecida.

Al Proyecto Fiscal Nacional de trigo del INIFAP N° PRECI 2056029 A 2008-2012 denominado: Formulación y liberación de variedades de trigo con buena calidad tecnológica para condiciones de riego de temporal en México y monitoreo de razas fisiológicas de royas

DEDICATORIA

Este importante y postergado logro se lo dedico a las personas más importantes en mi vida: mis hijos Lissette Olimpia, Etna Jhoselyn y Martín a quienes espero les sirva de estímulo para que logren todos y cada uno de sus propósitos en la vida.

DATOS BIBLIGRÁFICOS

Datos generales

Nombre: Ma. Irene Emma Sandoval Martínez

Fecha de nacimiento: 1° de julio de 1963

Lugar de nacimiento: La Cofradía, municipio de Tzitzio, Michoacán.

Escolaridad

Preparatoria: Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: Ing. Agrónomo especialista en Parasitología Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo

BIODIVERSIDAD DE HONGOS ASOCIADOS A LA SEMILLA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) DE TEMPORAL

BIODIVERSIDAD DE HONGOS ASOCIADOS A LA SEMILLA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) DE TEMPORAL

Ma Irene Emma Sandoval-Martínez¹ Santos Gerardo Leyva-Mir²

RESUMEN

El presente trabajo se planteó con el propósito de cuantificar la incidencia y frecuencia de hongos en la semilla de trigo (*Triticum aestivum*) en los Valles Altos de México. La semilla que se utilizó provino de los ciclos productivos P/V 2009 y 2010 de 17 sitios del estado de México, Tlaxcala y Puebla, y de seis variedades. Se evaluó la incidencia de hongos por el método de Freezing Blotter (papel secante y congelación) en 8 semillas por variedad con cinco repeticiones en cada sitio, cuantificando la incidencia y frecuencia de cada especie de hongo identificado. Las especies de hongos patógenos que se identificaron fueron *Curvularia* sp, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. nivale*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *H. cynodontis* y *H. sativum*; la especie que se presentó con mayor frecuencia fue *Fusarium graminearum* con un promedio de 3%. La incidencia de hongos patógenos fue mayor en Francisco I. Madero 10 y en la variedad Nahuatl F2000.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, hongos patógenos, hongos saprófitos, semilla.

¹ Tesista

² Director de tesis

ABSTRACT

This study was designed with the purpose to quantify the incidence and frequency of fungi in the seed of wheat (*Triticum aestivum*) in the Highlands of Mexico. The seed that was used came from the production cycle P / V 2009 and 2010 in 17 sites in the state of Mexico, Tlaxcala and Puebla, and six varieties. The incidence of fungi was evaluated by the Freezing Blotter Method (drying paper and freezing) to 8 seeds per variety with five replicates at each site, quantifying the incidence and frequency of each fungal species identified. The species of fungi were identified as *Curvularia* sp, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. nivale*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *H. cynodontis* and *H. sativum*, the species that appeared most frequently was *Fusarium graminearum* with an average of 3%. The incidence of pathogenic fungi was higher in Francisco I. Madero 10 and the variety Nahuatl F2000.

Keywords: *Triticum aestivum*, pathogenic fungi, saprophytic fungi, seed

¹ Thesis author

² Thesis director

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	5
1.2. Hipótesis	5
II. REVISION DE LITERATURA	7
2.1. Trigo	7
2.2. Importancia del trigo en México	8
2.3. Hongos presentes en la semilla	10
2.4. Principales hongos presentes en la semilla de trigo	12
2.4.1. <i>Fusarium</i> sp	2
2.4.1.1. Roña o tizón de la espiga <i>Fusarium graminearum</i> Schwabe	13
2.4.1.2. Moho blanco o tizón de la espiga del trigo <i>Fusarium nivale</i> Ces. Ex Berl. y Vogl	17
2.4.1.3. Pudrición de la corona o roña de la espiga <i>Fusarium avenaceum</i> (Fr) Sacc.	20
2.4.1.4. Pudrición del pie o tizón de la espiga por <i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc	22
2.4.1.5. <i>Fusarium moniliforme</i> (Sheld)	23
2.4.1.6. <i>Fusarium equiseti</i>	24
2.4.2. Tizón de la hoja, punta negra del grano <i>Helminthosporium sativum</i> Pammel, King y Bakke (syn. <i>Bipolaris sorokiniana</i>)	24
2.4.3. <i>Curvularia</i> sp	29
2.4.4. Hongos saprofitos y patógenos poco frecuentes	29
2.4.4.1. <i>Alternaria</i> Nees.	30
2.4.4.2. <i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.	31
2.4.4.3. <i>Penicillium</i> Link.	32
2.4.4.4. <i>Aspergillus Micheli</i> <i>Epicoccum</i> Link.	32
2.4.4.5. <i>Phoma</i> sp	33
2.4.4.6. <i>Epicoccum</i> sp	34
2.4.4.7. <i>Torula</i> Pers.	34
2.4.4.8. <i>Cephalosporium acremonium</i> Link	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. Diseño experimental	36

3.2. Localización de los sitios de muestreo	36
3.2.1. Chapingo, Edo. de México	37
3.2.2. Santa Lucia, Edo. de México	37
3.2.3. Juchitepec, Edo. de México	37
3.2.4. Coatepec, Estado de México	38
3.2.5. Nanacamilpa, Tlaxcala	38
3.2.6. Terrenate, Tlaxcala	38
3.2.7. Francisco I. Madero, Tlaxcala	39
3.2.8. Francisco Villa, Tlaxcala	39
3.2.9. Velasco, Tlaxcala	39
3.2.10 Cuyoaco, Puebla.....	40
3.3. Variedades	41
3.3.1. Gálvez M87	41
3.3.2. Temporalera M87	42
3.3.3. Batán F96	43
3.3.4. Romoga F96	44
3.3.5. Náhuatl F2000	45
3.3.6. Rebeca F2000	46
3.4. Variables evaluadas	47
3.5. Método de identificación de hongos en semilla (Freezing Blotter)	48
3.6. Identificación en laboratorio de especies de hongos presentes en la semilla	50
3.7. Análisis de datos	51
IV. RESULTADOS	52
4.1. Identificación de especies por el método de Freezing Blotter	52
4.1.1. Hongos patógenos	53
4.1.2. Hongos saprofitos	66
4.2. Incidencia por sitio	78
4.3. Incidencia por variedad	80
4.4. Frecuencia por sitio	82
4.4.1. Sitios en el ciclo P-V 2009	83
4.4.2. Sitios en el ciclo P-V 2010	91
4.5. Frecuencia por variedad	101
4.5.1. Frecuencia por variedad en el ciclo agrícola P-V 2009	101
4.5.2. Frecuencia por variedad en el ciclo agrícola P-V 2010	107
V. DISCUSIÓN	116
VI. CONCLUSIONES	124
VII. LITERATURA CITADA	126

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sitios muestreados en los ciclos agrícolas 2009 y 2010	41
Cuadro 2. Especies de hongos identificados por el método de Freezing Blotter	52
Cuadro 3. Comparación de medias por sitio de la incidencia general de hongos	78
Cuadro 4. Comparación de medias por sitio de la incidencia de hongos patógenos	79
Cuadro 5. Comparación de medias por sitio de la incidencia de hongos saprófitos	80
Cuadro 6. Comparación de medias por variedad de la incidencia general de hongos ...	81
Cuadro 7. Comparación de medias por variedad de la incidencia de hongos patógenos	81
Cuadro 8. Comparación de medias por variedad de la incidencia de hongos saprófitos	82
Cuadro 9. Especies de hongos identificados durante los ciclos P-V 2009 y 2010 en trigo de temporal en 17 sitios	100
Cuadro 10. Especies de hongos identificados durante los ciclos P-V 2009 y 2010 en seis Variedades de trigo de temporal	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología para el desarrollo de hongos en las semillas	49
Figura 2. Colonias de hongos en semillas de trigo	50
Figura 3. Colonia de <i>F. graminearum</i> en semilla	53
Figura 4. Macroconidios de <i>F. graminearum</i>	54
Figura 5. Colonia de <i>F. nivale</i> en semilla	55
Figura 6. Conidios de <i>F. nivale</i>	55
Figura 7. Colonia de <i>F. avenaceum</i> en semilla	56
Figura 8. Conidios de <i>F. avenaceum</i>	57
Figura 9. Colonia de <i>F. culmorum</i> en semilla	58
Figura 10. Conidios de <i>F. culmorum</i>	58
Figura 11. Colonia de <i>F. moniliforme</i> en semilla	59
Figura 12. Microconidios de <i>F. moniliforme</i>	59
Figura 13. Colonia de <i>F. equiseti</i> en semilla	60
Figura 14. Macroconidios de <i>F. equiseti</i>	60
Figura 15. Colonia de <i>F. oxysporum</i> en semilla	61
Figura 16. Macroconidios de <i>F. oxysporum</i>	61
Figura 17. Colonia de <i>F. poae</i> en semilla	62
Figura 18. Microconidios de <i>F. poae</i> en conidióforos	62
Figura 19. Colonia de <i>H. sativum</i> en semilla	63
Figura 20. Conidios de <i>H. sativum</i>	63
Figura 21. Colonia de <i>H. cynodontis</i> en semilla	64
Figura 22. Conidios de <i>H. cynodontis</i>	64
Figura 23. Colonia de <i>Curvularia</i> sp en semilla	65
Figura 24. Conidios de <i>Curvularia</i> sp	65
Figura 25. Colonia de <i>Alternaria</i> en semilla	66
Figura 26. Conidios de <i>Alternaria</i> sp	67
Figura 27. Colonia de <i>Stemphylium botriosum</i> en semilla	67
Figura 28. Conidios de <i>Stemphylium botriosum</i>	68
Figura 29. Colonia de <i>Penicillium</i> en semilla	69
Figura 30. Colonia de <i>Aspergillus</i> sp en semilla	69
Figura 31. Conidios de <i>Aspergillus</i> sp	70
Figura 32. Colonia de <i>Phoma</i> sp en semilla	71
Figura 33. Picnidios y conidios de <i>Phoma</i> sp	71
Figura 34. Colonia de <i>Epicoccum</i> sp en semilla	72
Figura 35. Conidios de <i>Epicoccum</i> sp	72

Figura 36. Colonia de <i>Torula</i> sp en semilla	73
Figura 37. Conidios de <i>Torula</i> sp	74
Figura 38. Colonia de <i>Cephalosporium</i> sp en semilla	75
Figura 39. Conidios de <i>Cephalosporium</i> sp	75
Figura 40. Colonia de <i>Verticillium</i> sp en semilla	76
Figura 41. Conidios de <i>Verticillium</i> sp	76
Figura 42. Colonia de <i>Populaspora</i> sp en semilla	77
Figura 43. Microesclerocios de <i>Populaspora</i> sp	77
Figura 44. Frecuencia de hongos en Santa Lucía, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	83
Figura 45. Frecuencia de hongos en Coatepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	84
Figura 46. Frecuencia de hongos en Chapingo, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	85
Figura 47. Frecuencia de hongos en Juchitepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	86
Figura 48. Frecuencia de hongos en Terrenate, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	87
Figura 49. Frecuencia de hongos en Nanacamilpa, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	88
Figura 50. Frecuencia de hongos en Velasco, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	89
Figura 51. Frecuencia de hongos en Cuyoaco, Puebla, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009	90
Figura 52. Frecuencia de hongos en Santa Lucía, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	91
Figura 53. Frecuencia de hongos en Coatepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	92
Figura 54. Frecuencia de hongos en Chapingo, Estado de México en la primera fecha de siembra, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	93
Figura 55. Frecuencia de hongos en Chapingo, Estado de México en la segunda fecha de siembra, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	94
Figura 56. Frecuencia de hongos en Juchitepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	95
Figura 57. Frecuencia de hongos en Nanacamilpa, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	96
Figura 58. Frecuencia de hongos en Francisco I. Madero, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	97
Figura 59. Frecuencia de hongos en Francisco Villa, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	98
Figura 60. Frecuencia de hongos en Terrenate, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010	99
Figura 61. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad	101

Rebeca F2000 en ocho sitios de temporal del ciclo P-V/2009	
Figura 62. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Náhuatl F2000 en ocho sitios de temporal del ciclo P-V/2009	102
Figura 63. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Romoga F96 en ocho sitios de temporal del ciclo P-V/2009	103
Figura 64. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Gálvez M87 en ocho sitios de temporal del ciclo P-V/2009	104
Figura 65. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Temporalera M87 en ocho sitios de temporal del ciclo P-V/2009	105
Figura 66. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Batán F96 en ocho sitios de temporal del ciclo P-V/2009	106
Figura 67. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Rebeca F2000 en nueve sitios de temporal del ciclo P-V/2010	107
Figura 68. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Náhuatl F2000 en nueve sitios de temporal del ciclo P-V/2010	108
Figura 69. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Romoga F96 en nueve sitios de temporal del ciclo P-V/2010	109
Figura 70. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Gálvez M87 en nueve sitios de temporal del ciclo P-V/2010	110
Figura 71. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Temporalera M87 en nueve sitios de temporal del ciclo P-V/2010	111
Figura 72. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Batán F96 en nueve sitios de temporal del ciclo P-V/2010	112
Figura 73. Frecuencia de hongos encontrados en semilla de trigo en seis variedades en el ciclo P-V/2009	114
Figura 74. Frecuencia de hongos encontrados en semilla de trigo en seis variedades en el ciclo P-V/2010	114

I.- INTRODUCCIÓN

Desde que surgió la agricultura hace más de 10 000 años, los pueblos de todo el mundo han descubierto el valor alimenticio de plantas y animales basando su sustento en unos cuantos cultivos. El trigo, arroz, maíz y otros cereales, las papas y algunas leguminosas han sido por muchos años el alimento básico del hombre (Agrios, 2007).

El trigo es uno de los principales cultivos para la humanidad se estima que ya se cultivaba 7000 años a.c. en algunas regiones del mundo. Su importancia fue primordial en algunas civilizaciones como Egipto, Grecia y Persia; aunque su origen sigue siendo polémico, se sostiene que es originario de área del Cáucaso, Turquía e Irak de donde se extendió a Europa. Fue introducido a América con la llegada de los españoles en el siglo XVI (FAOSTAT, 2010). A pesar de que el maíz ya era cultivado extensamente por los indígenas antes de la conquista, el trigo incursionó dentro de la cultura alimentaria del mexicano por ser el único cereal utilizado para la elaboración de pan. Esa cualidad le permitió ampliar el área sembrada durante los siglos XVII al XIX debido a la amplia demanda de la población, sobre todo de origen europeo, la cual se incrementó con el paso del tiempo. Fue así como las áreas temporalearas de los Valles Altos de México y El Bajío se convirtieron en las principales zonas productoras de trigo durante la época Colonial (Villaseñor *et al.*, 2008).

El trigo se cultiva en todas las regiones templadas del mundo principalmente; en el 2009 se cultivó en 92 países en los que se cosecharon 225,437,694 hectáreas, mismas que produjeron 681,915,838 toneladas. Los países con mayor producción en este año fueron

China (17 %), India (12 %), Federación de Rusia (9 %), Estados Unidos (9 %) y Francia (6 %) (FAOSTAT 2010).

En México en el 2009 el trigo ocupó el quinto lugar en la superficie destinada a la producción agrícola con 866,022 hectáreas, con una producción de 4,116,161 toneladas. Este cereal se produjo en 23 estados, siendo los de mayor producción Sonora (44 %), Guanajuato (16 %), Baja California (14 %), Chihuahua (6 %) y Tlaxcala (3 %). El rendimiento promedio fue de 4.97 ton ha⁻¹ (SIAP, 2011).

La mayoría de la producción de trigo mundial se destina a la alimentación. Casi un 75 % de ésta se utiliza para la elaboración de harina, y la mayor parte de ésta, especialmente aquella procedente de las variedades de trigo blando, se destina a la producción de pan. Las harinas que proceden de trigos duros se utilizan fundamentalmente para la confección de pasteles, galletas o harinas caseras (Robles, 1983).

La producción de trigo es afectada por el clima, insectos, virus, bacterias, nematodos, hongos y malezas; aunque se desconoce el número real de enfermedades de este cereal. Alrededor de 50 son las habitualmente importantes desde el punto de vista económico, aunque se han descrito alrededor de 200. Todas, ya sean infecciosas o no infecciosas, son peligrosas en algunas regiones durante ciertos años y en determinada parte de la planta. La magnitud del daño provocado por la enfermedad depende del medio ambiente y del cultivar. En el caso de las enfermedades infecciosas, también influyen el tipo, población y virulencia de los patógenos y sus vectores (Wiese, 1987).

Los agentes fitopatógenos y las plagas son capaces de asociarse con las semillas de sus hospedantes, muchas veces de manera imperceptible. Ahí pueden sobrevivir por largos

periodos y diseminarse a otras regiones. Las semillas infectadas pueden actuar como medio de transporte, como fuente de inóculo capaz de infectar al nuevo cultivo cuando es sembrada e incluso introducir patógenos en áreas donde no existían. Sin embargo, la falta de síntomas no significa que las semillas se encuentren libres de patógenos y más de uno puede infectarla (Ridao y Roca, 2002).

Los hongos tienen una influencia directa sobre el bienestar del hombre; algunos son altamente benéficos y los utiliza directamente, como en la producción de antibióticos. Otros juegan un papel importante en la naturaleza como degradadores de materia orgánica; pero, por otra parte, los hongos son consideradas la principal causa de enfermedades de los cultivos agrícolas, afectando severamente la economía del hombre (Moreno, 1988).

Los programas de certificación pueden garantizar que las semillas tienen una tasa de germinación alta, un tamaño adecuado de semilla para producir plántulas vigorosas, y que están libres de organismos patógenos. Esta última es una medida importante para prevenir la introducción de agentes patógenos en los campos (Otis, 1993).

Los hongos son los patógenos más importantes de las plantas, ocasionando pérdidas que van desde un 5% hasta un 100%. Son fácilmente transportados por diversos factores, incluyendo la acción del hombre a través de transacciones comerciales con semillas. En particular los granos y las semillas son invadidos por diversos hongos en el campo, entre ellos los del género *Fusarium*, *Alternaría*, *Cladosporium*, *Helminthosporium* y muchos otros que causan enfermedades a las plantas y que son transmitidos de un ciclo a otro a través de las semillas (Moreno, 1996). Entre los principales hongos que atacan al trigo se

encuentran los que causan enfermedades conocidas como royas *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *P. triticina* f. sp. *tritici*, *P. striiformis* f. sp. *tritici*; los carbones de la espiga *Ustilago tritici*, *Ustilago nuda* y los tizones causados por *Heminthosporium* sp y *Septoria* sp (Zillinsky, 1984).

En México se siembra trigo en casi todos los estados de la República y se adapta tanto a tierras ricas como pobres en nutrientes, zonas húmedas, semihúmedas y secas; bajo estas condiciones se pueden considerar seis zonas productoras importantes de trigo en México: la del Noroeste, que corresponde a los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California Norte y Sur, cuya altura sobre el nivel del mar va de 0 a 150 msnm; la del Bajío que incluye Querétaro, Guanajuato, Jalisco y Michoacán, cuya altura varía entre 1,200 a 1,700 msnm; la Laguna, que es parte de Durango y Coahuila, cuya altura va de 1,000 a 1,200 msnm; la zona Norte que agrupa Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, cuya altura va de 300 a 1,100 msnm; zona Centro , que abarca los estados de Aguascalientes, Zacatecas, Durango y San Luis potosí, cuya altura va de 1,900 a 2,500 msnm y la zona de los Valles Altos en la que se incluyen los estados de México, Puebla, Hidalgo, Distrito Federal y Tlaxcala cuya altura va de 1,900 a 2,800 msnm (Robles, 1983).

Bajo condiciones de temporal el crecimiento de la superficie sembrada se ha incrementado 285 % de 1976 a 1997. En la región de los Valles Altos de México el trigo ha sido una alternativa para el agricultor cuando el maíz se siniestra en etapas tempranas de crecimiento. La productividad se ha incrementado de 1.1 a 2.2 ton/ha como consecuencia de la mayor tecnificación del cultivo, pero sobre todo por el uso de variedades mejoradas (Villaseñor, 2000).

En los Valles Altos el cultivo del trigo se siembra bajo condiciones de temporal donde por fluctuaciones de la humedad y temperatura se presenta un complejo de enfermedades tanto foliares como en el grano, lo que hace indispensable identificar a los agentes causales de cada una de estas enfermedades y ver su prevalescencia en las diferentes comunidades evaluadas.

Es importante considerar que al mover trigo de una región a otra del país, ya sea como semilla o para la industria harinera se pueden transportar patógenos que ocasionarían serios problemas en el campo, o en la harina mediante las toxinas que producen algunos hongos como *Fusarium* sp por lo que en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

1.1.- Objetivos

1. Identificar los hongos presentes en semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.) producida bajo condiciones de temporal.
2. Cuantificar la incidencia de hongos en la semilla de trigo colectada en las zonas productoras y en las diferentes variedades.

1.2.- Hipótesis

1. La semilla de trigo producida bajo condiciones de temporal es portadora de diferentes especies de hongos.
2. La semilla de trigo presenta incidencias diferentes de hongos entre las zonas productoras.

3. La incidencia de hongos en las semillas de trigo varía entre las variedades.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Trigo

Todas las especies de trigo, ya sean cultivadas o silvestres pertenecen al género *Triticum* de la tribu *Triticeae* (*Hordeae*) de la subfamilia *Festucoideae* y de la familia *Gramineae*. El género *Triticum* difiere de la familia *Triticeae* por mostrar de 2 a 5 espiguillas, multiflorales, solitarias y localizadas en forma plana en cada unión o articulación del raquis; la raquilla se desarticula por arriba de las glumas, en medio de las florecillas o en forma total. Las glumas son rígidas, aquilladas, con más de tres nervaduras y su pico termina en forma de pico o dentada y con una o varias aristas; las lemas son anchas, aquilladas, muy asimétricas, con levaduras múltiples y con la terminación abrupta en forma de pico o en una arista. Las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre hace más de doce mil años eran del tipo *Triticum monococcum* y *T. dicocccum*, caracterizadas fundamentalmente por tener espigas frágiles que se disgregan al madurar (Huerta y Scovmand, 2000).

El trigo crece en ambientes templados, áridos a semiáridos, con altitudes desde el nivel del mar hasta por arriba de los 3000 msnm (SARH, 1992).

La especie *Triticum 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, desde áreas relativamente secas como la cuenca mediterránea, hasta ambientes lluviosos como el Cono Sur de América y Norte de Europa (Huerta y Scovmand, 2000).

La temperatura mínima para su crecimiento es de 3 a 4°C, la óptima de 25°C y la máxima de 30°C a 32°C; crece mejor en suelos bien drenados. Se ha demostrado en años secos que un trigo puede desarrollarse bien con 300 ó 400 mm de lluvia, siempre que la distribución de esta lluvia sea escasa en invierno y abundante en primavera (Hernández, 2001).

2.2. Importancia del trigo en México

La importancia del trigo en México se observa en tres aspectos fundamentales: a) por la variedad de alimentos que se obtienen, a partir de la molienda del grano, b) por ser parte importante en la dieta alimentaria de la población y c) por ser materia prima elemental de la industria (Villaseñor, 2000).

La reducción de la superficie sembrada y de la producción de trigo en México se reflejó en el desabasto, y fue consecuencia de la problemática que ha tenido este cereal sembrado bajo condiciones de riego, en donde destaca la siguiente: 1) problemas fitopatológicos como el carbón parcial, que ha limitado seriamente la siembra de trigo harinero en Sonora y Sinaloa, 2) escases de agua para la siembra, ya sea por la baja captación de lluvia por escurrimiento de las principales obras hidrológicas o debido al encarecimiento del agua de bombeo por los altos costos de extracción y 3) por la baja rentabilidad del cultivo como consecuencia del incremento de los costos de inversión y del estancamiento o de la baja del precio de la cosecha (Villaseñor, 2000).

Cabe mencionar que en México se cultivaron bajo riego más de un millón de hectáreas en 1985 con una producción cercana a los 5 millones de toneladas; para 1997 tan sólo se cultivaron 687 000 ha que produjeron 3.5 millones de toneladas. El déficit de trigo en los

últimos seis años se ha cubierto con la importación de Estados Unidos de América del Norte principalmente; esas importaciones en el futuro serán limitadas, ya que la tendencia de la producción de ese país, en los últimos 10 años, ha sufrido un crecimiento negativo, misma que se da a nivel mundial, razón por la que es necesario que en México se piense en la autosuficiencia (Villaseñor *et al.*, 2003).

Las áreas de temporal son buena alternativa, ya que estudios sobre potencial productivo realizados en el Estado de México por el INIFAP indican que en la entidad se cultivan cerca de 700 000 ha con maíz, de las cuales se estima que cerca del 60% son aptas para este cultivo, concluyendo que las 40 000 ha sembradas actualmente con trigo de temporal en esa entidad bien podrían incrementarse a cerca de 200 000 ha en tierras donde este cereal es mejor opción que el maíz (Villaseñor, 2000). De esa forma, se tiene estimado que a nivel nacional se pueden cultivar más de un millón de hectáreas con trigo temporalero que podrían contribuir para disminuir el déficit actual y con ello retomar la autosuficiencia nacional (Villaseñor *et al.*, 2003).

La superficie de trigo de temporal se ha incrementado en forma sustancial y podría llegar a ocupar más de 2 millones de hectáreas de buen potencial en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, México, Querétaro, Michoacán, Jalisco, Durango y Chihuahua; suficientes para abastecer la demanda nacional de este grano, siempre y cuando se aplique la tecnología recomendada (Villaseñor, 2000).

Bajo condiciones de temporal el crecimiento de la superficie sembrada y de la productividad durante el periodo 1976-1997 indica que el área cultivada se ha incrementado hasta un 285 %, con un promedio por año de 11.9 % y de manera irregular

a través del tiempo. Esto último debido a que el cultivo de trigo ha sido en la región de los Valles Altos de México una alternativa para el agricultor cuando su maíz se siniestra en etapas tempranas de crecimiento. La productividad se ha incrementado en ese periodo prácticamente de 1.1 a 2.2 ton ha⁻¹, a razón de un crecimiento por año de 2.8 %, como consecuencia de la mayor tecnificación del cultivo, sobre todo el uso de variedades mejoradas (Huerta y Scovmand, 2000).

En el año 2009 se sembraron en nuestro país 166,746 hectáreas en temporal, con una producción de 242,172 toneladas; los estados con mayor superficie sembrada fueron Tlaxcala (27 %), Zacatecas (16 %), Oaxaca(9 %), Durango (8 %), Baja California (8 %), Guanajuato (8 %) y México (7 %). En los Valles Altos se produjo el 38% de trigo de temporal (SIAP, 2011).

2.3. Hongos presentes en las semillas

Todos los cultivos agrícolas son atacados por diversos microorganismos durante su desarrollo en el campo, siendo los hongos los más abundantes y la principal causa de enfermedades, ocasionando severas pérdidas económicas al reducir su potencial de producción (Moreno, 1988).

Los daños que causan los hongos en campo en los granos depende en gran medida de la severidad del ataque y de la especie. Si el ataque es muy severo puede prácticamente destruir el grano como frecuentemente sucede con las pudriciones de las mazorcas del maíz por especies de *Fusarium*; sin embargo, si el ataque no es severo, el hongo permanece en la semilla sin afectarla aparentemente, y ésta es una forma en que muchos hongos son transmitidos de un ciclo agrícola a otro (Moreno, 1988).

De manera general, la transmisión es afectada por las temperaturas, humedad, nivel de infección en la semilla y por la susceptibilidad del cultivar utilizado (Agrios, 2007; Doohan *et al.*, 2003).

Los efectos de los patógenos transmitidos por semilla varían ampliamente, algunos matan las semillas antes de su desarrollo y a las plántulas. Varios patógenos internos como carbones de los cereales no muestran efectos adversos hasta cuando alcanzan la madurez y algunos otros endófitos no tienen ningún efecto hacia el exterior, sin embargo, el desarrollo de las plántulas de semillas infectadas tienen menos vigor y están sujetas a otras enfermedades (González y Trevathan 2000; Otis, 1993).

Los organismos transmitidos por semilla son propagados o transportados junto con ésta, sobreviviendo como esporas o estructuras de reposos dentro de la semilla y sobre ella. Los hongos transmitidos por semilla a menudo producen plantas infectadas, mientras que los que son transportados sobre la misma se consideran relativamente poco importantes en la dispersión de enfermedades. Ambos tipos de hongos pueden constituir un mecanismo mediante el cual un agente patógeno puede ser introducido en una zona donde originalmente no existía y, por consiguiente, los hongos que son transportados en la semilla, son importantes para las autoridades fitosanitarias y los fitopatólogos (Warham *et al.*, 1998).

Los granos y las semillas son invadidos por diversos hongos en campo, entre ellos los del género *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium* y muchos otros, que causan enfermedades a las plantas y que son transmitidos de un ciclo a otro a través de la semilla. También los granos y las semillas son invadidos en el almacén, siendo

principalmente especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, los cuales causan diversos daños a los granos y semillas almacenadas, reduciendo del poder germinativo de las semillas, ennegreciendo los granos y produciendo micotoxinas (Moreno, 1988).

La persistencia de un patógeno transmitido por semillas en condiciones normales de almacenamiento puede variar desde unos pocos meses, hasta 10 años o más, de acuerdo con la estructura de transmisión: conidios, clamidosporas, esclerocios, micelio en los tejidos de la cubierta de la semilla, micelio internamente en los tejidos de la semilla, etc. (Horsfall y Dimond, 1960).

2.4. Principales hongos presentes en semilla de trigo

2.4.1 Fusariosis (*Fusarium* sp)

La fusariosis (tizón de la espiga, moho rosa, espiga blanca o tizón tipo lápida) se manifiesta por la muerte prematura o atizonamiento de las espiguillas. La enfermedad se presenta con mayor importancia en las regiones húmedas. Las pérdidas de cosecha son importantes debido a que causa la esterilidad de la florecilla y un llenado pobre de la semilla. Los hongos causantes son parásitos facultativos no específicos que pueden también infectar otras partes vegetales (Wiese, 1987).

Doohan *et al.*, (2003) señala que la fusariosis o tizón de plántulas y pudrición del pie de cereales de granos pequeños tienden a producirse en condiciones más frescas. El tizón de plántulas y pudrición del pie causada por otras especies se ven favorecidas por el clima cálido y seco.

En Croacia Ivic *et al.*, (2009a) encontraron 19 especies de *Fusarium* en 203 muestras de trigo, maíz, soya y chícharos, colectadas de 2002 a 2008. Entre otras especies identificaron *F. graminearum*, *F. poae*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *F. equiseti* y *F. culmorum*.

2.4.1.1. Roña o tizón de la espiga (*Fusarium graminearum* Schwabe)

Importancia y distribución

Esta especie a nivel mundial causa enfermedades como pudrición de la raíz, la corona y roña; es especialmente importante en los cultivos de trigo en China, sur de Brasil, Argentina y Europa occidental. Su desarrollo se favorece en áreas con inviernos poco intensos y veranos húmedos y calientes (Zillinsky, 1984). Durante mucho tiempo se ha observado la enfermedad en varias regiones del mundo, debiendo su importancia reciente a la extensa difusión de trigo en zonas no tradicionales (Bekele, 1987).

Esta enfermedad ha cobrado importancia dentro de las enfermedades en el cultivo del trigo en América y otras regiones trigueras (Kohlí, 1987). Ocasiona considerables pérdidas de rendimiento de trigo a causa de la esterilidad de las florecillas y del llenado deficiente de los granos (Warham *et al.*, 1998).

En México se observó en 1977 en el Altiplano de Jalisco; Ireta y Gilchrist (1994) reportan que se encuentra donde se cultiva trigo de temporal en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Tlaxcala e Hidalgo; también se le ha observado en algunas áreas del Bajío.

Morfología

Los macroconidios generalmente miden 25-50 x 2.5-5.0 μm y con tres o más septas. No producen microconidios pero sí clamidosporas. Los macroconidios son producidos en masas de color naranja o amarillo durazno en la base de las espiguillas o en las orillas de las glumas o lemas; hialinos, rectos o ligeramente curvos y con frecuencia tienen una célula apical alargada que se curva. El cuerpo principal de la espora es normalmente recto o ligeramente curvo y la célula apical se curva y adelgaza abruptamente hacia una punta. Cuando se presentan periodos prolongados de tiempo húmedo y caliente durante la cosecha, con frecuencia se desarrollan peritecios superficiales sobre las espigas y paja infectadas (Warham *et al.*, 1998 y Zillinski, 1984).

Este hongo produce micelio que varía de gris, rosa o marrón, en el cultivo y crece en forma óptima en la mayoría de los medios de cultivo entre los 24°C y 26°C en laboratorio. Las fiálides son laterales y cortas, de 3.5-4.5 x 10-14 μ . Los conidios son falciformes, de 2.5-5 x 35-62 μ y generalmente tienen 3 a 7 tabiques y una célula basal bien marcada. Los esporodoquios son poco frecuentes. Algunas líneas forman clamidosporas globosas, de 10 a 12 μ de diámetro, tanto individuales como en cadenas (Warham, 1998 y Wiese, 1987).

Hospedante

Además del trigo, ataca otros cultivos como la cebada, la avena, el centeno, el maíz, la alfalfa y el triticale. También se ha reportado en gramíneas silvestres (Ireta y Gilchrist, 1994).

Sintomatología

Se observa primero como un moho de color rosa-salmón, rojizo o blanco, si el ataque es temprano el grano es destruido; en ataque tardío se presenta la deshidratación de los granos (Smith *et al.*, 1992). La detección del tizón es fácil ya que las espiguillas presentan un color paja pálido en contraste con el verde normal de las sanas; a medida que el cultivo avanza las espiguillas se tornan de un color pálido o naranja desde su base a lo largo de las glumas (Zillinski, 1984). Los síntomas de atizonamiento se desarrollan dentro de los tres días después de la infección, cuando las temperaturas varían entre 25°C y 30°C y con humedad continua (Wiese, 1987). En el raquis la infección puede causar que la espiga entera se blanquee, y pueda progresar hacia el pedúnculo. Se desarrolla un micelio rosado o anaranjado y esporodoquios. Los peritecios de *Giberella zeae* (telemorfo de *Fusarium graminearum*) son pequeños, oscuros y visibles en las glumas (Mathur y Cunfer, 1993).

Daños

La invasión de los granos por *Fusarium* destruye los gránulos de almidón, el almacenamiento de proteínas y la pared celular, dando como resultado un grano de baja calidad (Ireta y Gilchrist, 1994).

Cuando la infección de *F. graminearum* es fuerte, los granos son cubiertos por micelio con un aspecto algodonoso de color rosa; si la severidad es moderada, los granos pueden quedar chupados y con menos peso, además de tomar una coloración blanquesina. *F. graminearum* ataca las espigas, particularmente los granos florales, lo cual, reduce la formación y llenado de granos. El grano cosechado que tenga más del 5

% de granos infectados puede tener toxinas suficientes para causar daños en el hombre y los animales (Prescott *et al.*, 1986).

El tizón de la espiga se ha presentado con incidencias de hasta 60 % y con severidad de 10-15 %. Esto constituye un daño moderado en rendimiento y en variedades susceptibles puede alcanzar una reducción de hasta 17 % en la producción comercial (Ireta y Gilchrist, 1994).

Biología y epidemiología

Giberella zea (Teleomorfo de *Fusarium graminearum*) puede ser transmitido por semilla, especialmente en trigo, en que es típica la infección de la espiga a través de los estambres. El hongo es importante en cultivos para producción de semilla, y sobrevive en restos de cosecha en forma de peritecios (Smith *et al.*, 1992). Se presenta frecuentemente en plantas enfermas y es de suma importancia en la perpetuación de la enfermedad de un año a otro (Zillinsky, 1984).

Los tipos de inóculos pueden ser: microconidios producidos sobre esporodoquios, ascosporas de los peritecios de *Giberella* sp., clamidosporas en el suelo o micelio en los restos de cosecha (Ireta y Gilchrist, 1994). Los medios de diseminación del inóculo son la lluvia y el viento que lo dispersa a grandes distancias. Es una de las pocas especies que produce peritecios en campo, se les observa en las glumas del trigo, emergiendo del tejido; los peritecios junto con el micelio en los restos de cosecha constituyen el inóculo primario (Mathur y Cunfer, 1993). *F. graminearum* persiste en el suelo casi indefinidamente, infecta pequeñas raíces o entra por heridas y progresa a través del agua que conduce el cilindro central (Leyva, 1999).

El desarrollo de esta enfermedad es favorecida por temperaturas de hasta 20°C a 30°C y humedad alta, durante y después de formada la espiga (Moreno, 1996; Mathur y Cunfer, 1993).

2.4.1.2. Moho blanco o tizón de la espiga del trigo (*Fusarium nivale* Ces. Ex Berl. y Vogl)

Importancia y distribución

Puede causar pérdidas totales en trigo (Mathur y Cunfer, 1993). Esta especie está presente en muchas áreas del mundo, norte de Inglaterra, Valle de Toluca, México; Estados Unidos, Alemania, Dinamarca, Rusia y la República de China (Inglis y Cook, 1981; Prescott *et al.*, 1986). *F. nivale* es un patógeno importante en zonas templadas y frías donde causa el moho blanco en los cereales de invierno, también produce infecciones en las plántulas y pudriciones de la raíz cuando se presentan temperaturas frías y puede matar a gran parte de los cereales durante la época invernal (Zillinski, 1984).

Morfología

Los conidios se desarrollan en un micelio aéreo y en esporodoquios, los macroconidios tienen una célula apical alargada y una basal visible (Wiese, 1987). Son largos, delgados y más o menos curvos de manera uniforme en toda su longitud 50-80 x 2.5-4.0 µm y tienen de 4 a 7 septas. Los peritecios se presentan raramente en la naturaleza (Zillinsky, 1984). *Fusarium nivale* produce hifas angostas (1,5-5.0 µ de diámetro) y colonias blancas a color durazno. Los microconidios son pequeños, de 2.8-4 x 16-25 µ y con 1 a

3 tabiques característicos sin un talón evidente. Las fiálides de 2-3 a 7-9 μ nacen en las ramificaciones hifales o en los esporodoquios sueltos; no se producen clamidosporas (Wiese, 1987).

Las estructuras de fructificación crecen rápidamente en las partes jóvenes a partir de los estomas se desarrollan esporodoquios de color blanco a rosa pálido que aparecen como hileras de puntitos rosados paralelos a las nervaduras de las hojas; conforme las lesiones envejecen, se vuelven amarillos (Warham *et al.*, 1998; Zillinski, 1984).

Hospedante

El trigo cristalino y el triticales son, por lo general, más severamente afectados por este patógeno que el trigo harinero o el centeno (Zillinsky, 1984).

Sintomatología

Puede causar tizón en las plántulas, roña de la espiga y moho néveo rosado (Prescott *et al.*, 1986); se ve una coloración salmón en la base de la espiga, que son los esporodoquios. Se observan los estilos de los peritecios en los tejidos de la planta que sobresalen a través de la epidermis (Mathur y Cunfer, 1993). Las manchas foliares aparecen al momento de la emisión de las espigas; las lesiones se presentan como áreas ovales irregulares de color verde grisáceo moteado que se transforman en manchas ovales grisáceas de color café grisáceo con áreas centrales grises. Las lesiones viejas se hacen quebradizas y tienden a agrietarse o doblarse (Zillinski, 1984). Se observan los síntomas en hojas, vainas foliares y nudos del tallo (Mathur y Cunfer, 1993).

Daños

Se presentan infecciones en las espigas, pero las pérdidas mayores ocurren por el pobre desarrollo del grano que sigue a la infección (Zillinsky, 1984). Si la infección es grave puede provocar defoliación completa con un desarrollo escaso de los granos (Prescott *et al.*, 1986). La quemadura de la espiga causa una decoloración de la parte posterior de las glumas rodeada por un margen café y marchitando una porción de la espiga (Mathur y Cunfer, 1993).

Biología y epidemiología

Las esporas se producen en restos de cultivos sobre la superficie del suelo o cerca de él y son transportadas a las hojas por el viento o por salpicadura de la lluvia. Las temperaturas frescas y húmedas favorece la enfermedad (Prescott *et al.*, 1986). *F. nivale* se dispersa por las semillas contaminadas, el trigo es invadido en el otoño por hifas que provienen de peritecios y por ascosporas o micelio provenientes del rastrojo (Mathur y Cunfer, 1993; Wiese, 1986).

Los peritecios están inmersos en el tejido foliar y de la epidermis sobresalen poros a través de los cuales se liberan las ascosporas, las cuales son pequeñas, hialinas, elípticas, irregularmente curvadas, tienen de una a tres septas y miden 10-18 x 3.5 μm (Zillinsky, 1984).

2.4.1.3. Pudrición de la corona o roña de la espiga (*Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.)

Importancia y distribución

De menor importancia que *F. graminearum* y *F. culmorum*, pero puede causar serias pérdidas en preemergencia o en plántulas en climas frescos (Warham y Cunfer, 1998). Comúnmente causa pudriciones de la raíz, de la corona y roña. Se encuentra ampliamente distribuida en regiones templadas y en regiones tropicales en menor grado (Warham y Cunfer, 1998; Zillinsky, 1984). Es mas persistente en climas fríos y húmedos (Wiese, 1987).

Morfología

F. avenaceum es rápidamente identificado por sus macroconidios en forma de arco, muy largos y angostos (Zillinsky, 1984). Las colonias en medio de cultivo son frecuentemente de color rojo-rosa, con margen blanco, tornándose amarillo marrón hacia el centro. Se acumulan generalmente pequeñas masas de esporas de color rosado claro en la superficie de las glumas (Zillinsky, 1984). Los conidios se desarrollan en un micelio aéreo y en esporodoquios, los macroconidios tienen una célula apical alargada y una basal visible (Wiese, 1986). Son largos, delgados y más o menos curvos de manera uniforme en toda su longitud 50-80 x 2.5-4.0 µm y tienen de 4 a 7 septas. Los peritecios se presentan raramente en la naturaleza (Zillinsky, 1984).

Sintomatología

Las infecciones son mas frecuentes y graves en la antesis, los síntomas de atizonamiento se dan en los tres días posteriores, cuando las temperaturas varían entre 25°C y 30 °C y hay humedad constante (Wiese, 1986).

Daños

Producen micotoxinas (tricotecenos, zearalenona) dañinas para el humano y animales, y pueden permanecer en granos almacenados por varios años. Si los granos están en etapa temprana de formación al momento del ataque pueden ser destruidos completamente (Gómez, 1999). Las micotoxinas ocasionan problemas económicos a los productores pecuarios y de alimentos (Moreno, 1988).

Biología y epidemiología

Fusarium avenaceum es más persistente en los climas fríos y húmedos (Wiese, 1986). El desarrollo de esta enfermedad es favorecida por temperatura y humedad alta durante y después del espigamiento (Zillinsky, 1984). Los hongos se multiplican en el cereal infestado y en los residuos de pasto y tienden a contaminar la semilla (Wiese, 1986). Las ascosporas se producen tardíamente y son la fuente secundaria de inóculo, persistiendo en los residuos de cosecha (Wiese, 1986; Gómez, 1999).

2.4.1.4. Pudrición del pie o tizón de la espiga (*Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc.)

Importancia y distribución

Esta especie se encuentra ampliamente distribuida y sobrevive a condiciones extremas tanto de humedad como temperatura diferente a *F. graminearum*. Este patógeno ataca a la raíz de los cereales cultivados en el noroeste de los Estados Unidos de América, Europa Occidental y algunas áreas altas de los subtrópicos (Zillinsky, 1984). En trigo, predomina el añublo de espigas en estaciones lluviosas y húmedas (Smith *et al.*, 1992). Se encuentra como hongo del suelo constituyendo una alta proporción de la microflora en algunas áreas; sin embargo, no se considera como patógeno serio de los cereales. Se presentan masas de conidios de color rosado en las espigas de los cultivos atacados en la Meseta Central de México, en donde se ha observado esporulando en las hojas jóvenes de cereales (Zillinsky, 1984).

Morfología

Fusarium culmorum es de color rojo-amarillento en medio de cultivo. No hay presencia de microconidios pero sí abundantes macroconidios gruesos y notoriamente puntiagudos en su ápice. Se desarrolla individualmente a partir de la fiálides, que son de 5 x 15-20 µ (Wiese, 1987). Los macroconidios son cortos, robustos, hialinos, uniformemente curvos, con una célula apical hialina y una célula basal bien definida. Los conidios tienen generalmente de tres a cinco septas y miden 30-60 µm de largo por 4-7 µm de ancho. (Zillinsky, 1984). Son comunes las clamidosporas de paredes gruesas y globosas, de 9 a

14 μ de diámetro. *Fusarium culmorum* es una de las especies más estable y uniforme (Wiese, 1987 y Smith *et al.*, 1992).

Sintomatología

En trigo, en estaciones lluviosas y áreas húmedas, predomina como añublo de espigas, tras la infección hay decoloración de espiguillas o porciones mayores de la espiga. En las espigas, o una parte de ellas, pueden aparecer cubiertas por un micelio algodonoso, rosa o rojizo, no hay presencia de peritecios (Smith *et al.*, 1992).

Daños

La reducción de la fotosíntesis de las glumas lleva a un llenado insuficiente de grano, reduciendo drásticamente su peso (Smith *et al.*, 1992).

Biología y epidemiología

La clamidosporas se desarrollan rápidamente en el suelo y funcionan como inóculo para el próximo ciclo de cultivo (Zillinsky, 1984).

2.4.1.5. Tizón de la plántula (*Fusarium moniliforme* (Sheld.))

Importancia y distribución

El hongo puede transmitirse por semilla aunque esto no tiene importancia dada su frecuencia en el suelo (Smith *et al.*, 1992). Las enfermedades causadas por *F. moniliforme* se encuentran ampliamente distribuidas por todo el mundo (Agrios, 2007).

Morfología

Los abundante microconidios por lo general son hialinos, generalmente unicelulares, pero en ocasiones bicelulares-, miden 5-12 x 1-3 μm , de forma oval y ligeramente aplanados en cada extremo. Los macroconidios son poco frecuentes, hialinos, con paredes delgadas, y de forma curva a casi recta; tienen de 3-7 septas, miden 25-60 x 2-4 μm y la célula basal tiene forma de pie. Nunca hay clamidosporas en el micelio, los peritecios se presentan rara vez y siendo esféricos y de color negro azulado, de 250-350 μm de largo x 220-300 μm de diámetro. Las ascas son ovaladas o en forma de garrote con 4-8 ascosporas. Las ascosporas son hialinas, rectas, en su mayoría con una septa, y de 4-7 x 12-17 μm (Ríos, 1985).

Daños

F. moniliforme, es un patógeno muy difundido en varios cultivos causando daños a la raíz, tallo o pudriciones sobre un amplio rango de cultivos (Booth, 1971). Las micotoxinas sintetizadas por este parásito son tóxicas para el hombre y el ganado (Warham *et al.*, 1998).

2.4.1.6. Tizón de la plántula (*Fusarium equiseti* (Corda) Sacc.)

Importancia y distribución

Esta especie se presenta frecuentemente como hongo del suelo, constituyendo una alta proporción de la microflora. Sin embargo, no se considera como un patógeno serio de los cultivos cerealícolas. Frecuentemente, se presentan masas de conidios color rosado en las espigas de los cultivos atacados en la Meseta Central de México. En esta región,

F. equiseti también ha sido observado esporulando en las hojas jóvenes de cereales (Zillinsky, 1984). Este hongo se encuentra distribuido en todo el mundo, pero es más común en zonas tropicales y subtropicales, aunque también se presenta en las regiones templadas (Warham *et al.*, 1998).

Morfología

Los macroconidios son hialinos, curvos y tienen células apicales alargadas que se doblan hacia adentro. Los conidios maduros miden 22-60 μm x 3.5-6.0 μm . Muchas cepas tienen septas oscuras y sobresalientes. No se producen microconidios, se ha informado de la existencia del estado peritecial, pero éste se presenta raramente en los cereales o en medio artificial de cultivo (Warham *et al.*, 1998).

2.4.2 Tizón de la hoja, punta negra del grano (*Helminthosporium sativum* Pammel, King y Bakke "syn. *Bipolaris sorokiniana*").

Importancia y distribución

Cuando la infección se produce a principios del ciclo de cultivo y las condiciones son propicias para el desarrollo de la enfermedad; se puede ocasionar la defoliación completa; con una reducción considerable del rendimiento y los granos arrugados. Se encuentra en todo el mundo, pero su prevalencia es mayor en zonas húmedas y con altas precipitaciones (Presscot *et al.*, 1986).

Esta enfermedad es persistente, muy destructiva y se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo (Gómez, 1999). Christensen y Stakman (1985) aseguran que en Minnesota es un serio problema en trigo y cebada, siendo *H. sativum* el patógeno más

prevaleciente en la semilla y una fuente importante como inóculo primario (Blanco, 1998).

Este hongo puede presentarse en la corona, raíces, nudos, vainas, espigas y granos, por lo que se le considera una enfermedad importante, sobre todo en lugares subtropicales, donde se encuentran las condiciones óptimas para su desarrollo, como son altas temperaturas y humedad (Gilchrist *et al.*, 1995).

Morfología

Los conidióforos se desarrollan individualmente o en grupos, erectos, no ramificados, de 100-150 x 6-8 μm y con varias septas. Los conidios se desarrollan lateralmente a partir de poros que se originan precisamente debajo de las septas del conidióforo (Mathur y Cunfer, 1993). Los conidios son negros y brillantes. Tienen paredes gruesas y típicamente de 5 a 9 septas, son elípticos pero pueden ser rectos o ligeramente curvos y miden 60-120 x 12-20 μm (Zillinsky, 1984).

El estado sexual de *H. sativum* es *Cochliobulus sativus* que produce pseudotecios de color negro a café globoso con pico ostiolar de 340 a 470 x 370-530 μm , ascas claviformes bitunicadas que miden 160-360 x 3140 μm y usualmente con 8 ascosporas por asca (Dickson, 1956).

Los conidios son de colores café oliva, oblongos, adelgazados hacia su punta, ligeramente curvos con paredes lisas y con una cicatriz basal prominente. Miden de 60-120 x 12-20 μm y tienen de tres a nueve septas (Zillinski, 1984).

Hospedante

H. sativum es un patógeno que ataca trigo, triticale, cebada y muchos pastos; causa manchas foliares, pudriciones de la raíz y corona, destrucción de los nudos (nudo negro), tizón de la espiga y caída de las plántulas (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984).

Sintomatología

La infección puede presentarse en cualquier etapa de desarrollo de la planta, pero los síntomas son más severos al espigamiento. En las raíces, corona y vainas de las hojas se presentan lesiones necróticas café oscuro. Cuando se infectan las espiguillas causan el arrugamiento del grano. Donde se presenta un punto negro que se desarrolla a causa del ennegrecimiento del embrión (Zillinsky, 1984). Las lesiones tienen forma alargada u oval y conforme madura el centro se torna de un color que varia entre café claro y bronceado, rodeado de un anillo irregular color café oscuro (Presscot *et al.*, 1986). La enfermedad es más severa cuando cambia a café oscuro. La decoloración también puede ser cerca del cepillo, en el pliegue o cualquier parte de la semilla, el endospermo frecuentemente se pone claro (Mathur y Cunfer, 1993).

Los síntomas iniciales en las hojas son manchas pequeñas, de color café a casi negras de forma redonda y/o elíptica. Una lesión típicamente es elíptica con esporulación abundante y puede cubrir más de 22 % del área foliar, el tallo y nudo (Mathur y Cunfer, 1993).

Daños

Las infecciones en raíces y corona que se presentan antes o durante la floración usualmente ocasionan la muerte de la planta antes de la formación del grano (Zillinski, 1984).

Si ataca en etapa temprana puede defoliar la planta, reduciendo el rendimiento y con granos de poco peso (Prescott *et al.*, 1986). Las enfermedades causadas por este hongo probablemente restrinjan la producción de trigo y de cebada en las áreas subtropicales más que ningún otro patógeno (Zillinsky, 1984).

Biología y epidemiología

H. sativum ataca una gran variedad de pastos y es muy común en trigo y cebada; el micelio es muy resistente en condiciones ambientales desfavorable y abunda en residuos de cosecha (Dickson, 1956; Wiese, 1987). Tiene la capacidad de sobrevivir sobre tejido vegetal muerto, las estructuras de fructificación se desarrollan rápidamente sobre el tejido vegetal con rocío (Zillinsky, 1984). Las infecciones primarias suelen presentarse en las hojas inferiores y comienzan como manchas o pecas cloróticas. Estos sitios de infección aumentan de tamaño y se aglutinan. Si la infección es grave, las hojas o vainas foliares afectadas pueden morir prematuramente (Presscot *et al.*, 1986).

2.4.3. Mancha foliar del trigo (*Curvularia* sp)

Importancia y distribución

Curvularia sp se encuentra frecuentemente como parásito o saprófito en trigo. *C. pallensces* si se presenta en un ciclo avanzado puede causar graves pérdidas en las zonas tropicales, pero es poco importante en las regiones templadas. Se encuentra distribuida mundialmente, especialmente en las zonas tropicales (Warham *et al.*, 1998).

Morfología

Las hifas son ramificadas, septadas, incoloras o cafés o con protuberancias rugosas. Los conidios se presentan en el ápice o a los lados de los conidióforos. Los conidios son rectos o curvos, generalmente anchos en la parte media y estrechos hacia los extremos, en forma de garrote o pera con 3 o más septas, frecuentemente tienen la célula central más grande y más oscura que las demás (Warham *et al.*, 1998).

2.4.4. Hongos saprófitos y patógenos poco frecuentes

Estos organismos, llamados con frecuencia hongos de campo, son agresivos productores de esporas. Están ampliamente distribuidos y se reproducen en tejido vegetal enfermo, maduro o muerto, especialmente durante períodos de alta humedad. A menudo, los hongos saprofitos (de campo) se presentan en plantas afectadas por condiciones desfavorables o por otras enfermedades tales como: pudriciones de la raíz, tizones de las hojas, acame, ataques de áfidos, enfermedades bacterianas o virosas (Zillinsky, 1984).

Los géneros más comunes, tales como *Alternaria*, *Stemphylium*, *Epicoccum*, *Cladosporium* y *Torula* invaden las hojas, tallos y espigas de plantas de cereales que han sufrido daños severos por factores desfavorables (Zillinsky, 1984).

Algunos patógenos débiles o poco frecuentes son habitantes regulares de pastos y malezas, pero si las condiciones son propicias pueden infectar los cultivos cerealícolas. Entre este grupo se encuentran especies de los géneros *Phoma*, *Pleospora* y *Cercosporidium*. Su presencia en cereales se debe por lo general a una infección secundaria, pero también pueden comportarse como patógenos primarios produciendo manchas en las hojas y brácteas florales. Usualmente, las pérdidas económicas debidas a estos patógenos son insignificantes, pero complican la identificación de enfermedades importantes debido a su presencia junto con los patógenos primarios en las mismas lesiones (Zillinsky, 1984).

Reducen el poder germinativo ocasionando ennegrecimiento de los embriones y algunos producen toxinas nocivas como *Aspergillus niger* que produce malformina y ácido oxálico. Se desarrollan en productos almacenados en humedades relativas mayores a 68 %. (Moreno, 1996). *Aspergillus* y *Penicillium* son hongos de almacén que al invadir los embriones de las semillas, hacen que se reduzca notablemente el porcentaje de germinación (Moreno, 1996); estos hongos crecen a niveles bajos de humedad (Agrios, 2007).

2.4.4.1. *Alternaria* Nees

La mayor parte de las especies de *Alternaria* son saprofitos o patógenos de cultivos diferentes de los cereales (Zillinsky, 1984).

En la mayoría de las especies saprofitas de *Alternaría* que se presentan en cereales los conidios se desarrollan en cadenas, son ovoides o elipsoidales y con frecuencia uno de sus extremos se adelgaza hasta formar un pico, son de color café claro a oscuro. Tienen paredes lisas o ligeramente rugosas, varias septas transversales, longitudinales u oblicuas y miden 20-90 μm x 8-20 μm . Los conidios de *Alternaria* sp tienen características morfológicas únicas; sin embargo, las similitudes entre especies dentro del género hacen que la identificación sea difícil. Las especies que causan manchas foliares desarrollan conidios sólo o en cadenas de hasta 100 μm de longitud x 30 μm de ancho. Pueden distinguirse de otras formas saprofitas por su habilidad para parasitar al trigo (Zillinsky, 1984).

2.4.4.2. *Stemphylium botryosum*

Esta especie se presenta como un saprofita común de material vegetal muerto, algunas especies son parásitos de leguminosas y de hortalizas. Las estructuras de fructificación se encuentran en colonias dispersas y se desarrollan en conidióforos individuales cortos a partir de micelio o estroma sumergidos. Los conidióforos desarrollan protuberancias terminales oscuras, una después de otra, en forma sucesiva a medida que se produce cada nuevo conidio. Los conidios varían de globosos ovoides a cilíndricos con extremos redondeados, tienen algunas septas transversales y longitudinales oblicuas pero carecen del pico prominente que caracteriza a *Alternaria* spp. Son de color café oscuro a negro, tienen una superficie ligeramente rugosa y miden 25-40 μm x 20-30 μm (Zillinsky, 1984).

2.4.4.3. *Penicillium* sp Link

Existen más de 98 especies de *Penicillium* spp., entre saprofitas y patógenas en granos y sus derivados (Moreno, 1996). Presentan conidióforos largos, septados, lisos o rugosos, individuales o en sinemas, ramificados cerca del ápice en un o dos verticilios; ramas terminadas en fiálides o células fértiles productoras de conidios de forma basipétala y unidos en cadena, pero fácilmente separables al madurar, globosos a elípticos y lisos o equinulados (Romero, 1993).

Se produce en granos almacenados a bajas temperaturas y humedad alta (Agrios, 2007). Las semillas se cubren con un micelio color verde aceituna a negro y con un aspecto polvoriento (Mathur, 1993).

2.4.4.4. *Aspergillus* spp Micheli

Este es un hongo cosmopolita y perjudicial que ataca semillas, pudriéndolas parcial o totalmente (Romero, 1993). Los conidióforos son largos, lisos o rugosos, con el ápice hinchado y cubierto parcial o totalmente por una o dos series de esterigmas, con esporas en cadenas largas; la célula basal está modificada; conidios hialinos y de colores brillantes, catenulados, globosos, ovales o elípticos, lisos o equinulados (Romero, 1993). Las cabezas conidiales típicamente son esféricas, hendidas en varias columnas no definidas; su diámetro rara vez supera los 500 a 600 μm y, en la mayoría de los casos, miden 300 a 400 μm (Warham *et al.*, 1998). De algunas especies se conoce su fase perfecta, correspondiendo a los géneros *Eurotium*, *Emericell*, *Sartoya*; la mayoría son saprofitos (Romero, 1993). Entre los hongos más comunes en semillas almacenadas se

encuentran las especies de los grupos *A. restrictus*, *A. glaucas*, *A. candidus*, *A. versicolor*, *A. ochraceus* y *A. flavus* (Moreno, 1996).

Las colonias de este hongo son de color verde amarillento muy claro o intenso, café oliváceo o café.

2.4.4.5. *Phoma* spp

Las especies del género *Phoma* se encuentran ampliamente distribuidas y usualmente se presentan como patógenos en muchas plantas tanto herbáceas como leñosas. Su actividad patogénica está considerablemente restringida en los cultivos cerealícolas y los pastos. Se ha observado que *P. glomerata* es el organismo causal de una enfermedad que produce manchas en las hojas de trigo y triticale en México, América Central y América del Sur. Su acción como patógeno se presenta generalmente después de períodos prolongados de humedad. Las especies del género *Phoma* se observan frecuentemente como invasores secundarios en hojas y brácteas florales de los cereales durante la etapa de maduración (Smith *et al.*, 1992).

Las estructuras fructíferas son picnidios oscuros y esféricos, los cuales pueden estar inmersos en el tejido hospedante o desarrollarse superficialmente. En los picnidios de la mayoría de las especies que se desarrollan en cereales está presente un cuello sobresaliente. Los conidios son de forma ovoide alargada, unicelulares y subhialinos. Su característica unicelular distingue a *Phoma* spp. de los hongos picnidiales del complejo septoria (Zillinsky, 1984).

2.4.4.6. *Epicoccum* Link

Este hongo se presenta en todas partes como saprofita en material vegetal muerto y también en lesiones de manchas foliares causadas por otros hongos o bacterias. Las estructuras fructíferas crecen en grupos pequeños, semiesféricos, compuestos de esporas negras que se desarrollan a partir de esporodoquio. El micelio se encuentra inmerso en el tejido vegetal. Los conidióforos son compactos, muy cortos, lisos y producen una sola espora terminal. Los conidios maduros son de color café oscuro a negro, globosos o ligeramente angulares e irregularmente septados (Zillinsky, 1984). Las septas a menudo están ocultas por una capa gruesa y rugosa, con protuberancias cortas y romas. Los conidios miden 15-25 μm de diámetro y comúnmente se presentan en masas oscuras en forma de cojín de tamaño variable dentro del micelio y sobre la superficie de éste (Warham *et al.*, 1998).

Fuera de la variación en el tamaño de las esporas, existe en todo el mundo un alto grado de uniformidad en las características morfológicas de las diferentes especies del género *Epicoccum*. En observaciones de campo, los esporodoquios negros pueden confundirse con los picnidios de *Septoria* sp (Zillinsky, 1984).

2.4.4.7. *Torula* Pers

Este hongo se distribuye en todo el mundo como saprofita común e invasor secundario, de mayor abundancia en donde se cosecha bajo condiciones de alta humedad. En la semilla, el hongo produce pequeñas colonias compactas de color verde oliva, que pueden aglutinarse y que, cuando son más viejas, suelen tornarse de color café (Warham *et al.*, 1998). Las especies del género *Torula* son hongos que producen un típico aspecto

de hollín. Invaden espigas, partes superiores de tallos y vainas foliares, las cuales aparecen cubiertas de un crecimiento fungoso aterciopelado, de color gris oscuro a café negruzco (Zillinsky, 1984).

El desarrollo superficial del micelio es restringido y los conidióforos son poco notorios. Los conidios se desarrollan en cadenas largas y parecen levantarse de segmentos de micelio superficial. Cuando maduran, las cadenas conidiales se rompen en segmentos de una a muchas células; los conidios son unicelulares esféricos, con diámetros de aproximadamente 6 µm, tienen una superficie lisa o delicadamente rugosa y de color café obscuro a negro. En la Meseta Central de México frecuentemente se desarrolla este hongo en cereales durante las épocas húmedas de cosecha (Zillinsky, 1984).

2.4.4.8. *Cephalosporium acremonium* Link

Este hongo se encuentra distribuido en todo el mundo, pero especialmente en las zonas tropicales. La mayoría de los cereales de invierno son susceptibles a *Cephalosporium*, pero el trigo es el huésped de mayor importancia económica. La enfermedad puede ser grave si se siembra trigo después de cereales o gramíneas susceptibles. Se transmite por el suelo y es el único patógeno vascular en el trigo, impide el transporte de agua y nutrientes a través de los nudos y a través y entre las nervaduras foliares (Wiese, 1987).

Las pérdidas de cosecha se deben a la reducción en la producción y llenado de semillas, aunque es una enfermedad poco importante que con frecuencia se presenta cuando ya está avanzado el ciclo de cultivo en el maíz (Warham *et al.*, 1998; Wiese, 1987).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se sembraron en los ciclos P-V en los años 2009 y 2010 las variedades Rebeca F2000, Náhuatl F2000, Romoga F96, Gálvez M87, Temporalera M87 y Batán F96. En el 2009 se sembraron en Chapingo, Santa Lucía, Juchitepec y Coatepec, Estado de México; Nanacamilpa, Terrenate y Velasco, Tlaxcala; y Cuyoaco, Puebla. En el 2010 se sembró en Chapingo Primera Fecha (1-F), Chapingo Segunda Fecha (2-F), Santa Lucía, Juchitepec y Coatepec, Estado de México; y Nanacamilpa, Terrenate, Francisco I. Madero y Francisco Villa, Tlaxcala. El tamaño de parcela fue de cuatro surcos espaciados a 0.30 m y de 11 m de largo. Una vez que la semilla completó su madurez fisiológica, se colectó una muestra al azar de cada parcela y se llevaron al laboratorio de micología en el departamento de Parasitología Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo, donde se pusieron en cámara húmeda (Método de Freezing Blotter) (Warham *et al.*, 1998), con el propósito de inducir el crecimiento de los hongos presentes.

3.1. Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques completos al azar con cinco repeticiones. El ensayo se analizó como serie de experimentos en donde se anidó la repetición dentro de la localidad (Box *et al.*, 2006).

3.2. Localización de los sitios de muestreo:

En el Cuadro 1 se muestra el resumen de los sitios muestreados, así como los ciclos agrícolas.

A continuación se indican las condiciones de las localidades.

3.2.1. Chapingo

Se encuentra en el municipio de Texcoco, en el Estado de México, su ubicación geográfica es: 19° 35' LN y 98° 34' LO, a una altitud de 2240 msnm. Con un tipo de clima Cb (wl) (w) (i') gw'', una precipitación media anual de 589 mm, una temperatura media anual de 13.4°C y una temperatura máxima de 16.2°C y una mínima de 10.3°C (García, 1988).

3.2.2. Santa Lucía

Se ubica en el Estado de México en el municipio de Texcoco a 19° 27' LN y 98° 53' LO, a una altitud de 2260 msnm. El clima es templado subhúmedo, con una precipitación media anual de 636 mm, régimen de lluvias en verano y una temperatura media anual de 15.2°C (García, 1988).

3.2.3. Juchitepec

Ubicado a 2683 msnm en el municipio de Juchitepec, Estado de México. El sitio se localiza en los 19° 06' 22'' LN y 98° 54' 46'' LO.

La región de Juchitepec presenta un clima templado subhúmedo, clasificado como: C (W2), (W), (b') i con lluvias en verano; para la agricultura está considerada de buen temporal, la cual presenta un intervalo de lluvias de mediados de marzo hasta el mes de octubre, siendo las más abundantes en los meses de junio, julio, agosto y septiembre;

cuenta con una precipitación media anual de 799 mm. Con una temperatura máxima de 29°C y una mínima de 1°C (García, 1988; INEGI, 2010).

3.2.4. Coatepec

Se ubica en el Estado de México, en el municipio de San Vicente Chicoloapan. El sitio se ubica en 19° 22' 54" de LN y 98° 49' 5" LO. A una de 2,481 msnm (inafed, 2011). Predomina el clima templado subhúmedo y con lluvias en verano. En el invierno generalmente baja la temperatura hasta 5°C. Luvia anual de 640 mm. La temperatura máxima ha alcanzado los 34.5°C (García, 1988; INEGI, 2010).

3.2.5. Nanacamilpa

Ubicado a 2811 msnm en el municipio de Nanacamilpa, Tlaxcala. Se sitúa a 19° 29' LN y 98° 33' LO. En la mayor parte del municipio prevalece el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Durante el año se observan variaciones en la temperatura que van desde los 0.5°C como mínima, hasta los 24.6°C como máxima. La precipitación media anual es de 841 mm, registrando una mínima de 8.4 mm y máxima de 131.8 mm (García, 1988; INEGI, 2010).

3.2.6. Terrenate

Ubicado a 2,682 msnm en el municipio de Terrenate, Tlaxcala. El sitio se sitúa en los 19° 28' LN y 97° 55' LO.

El municipio tiene un clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre. Los meses más calurosos son abril y mayo. La dirección de los

vientos en general es de sur a sureste y al norte. Igualmente la temperatura promedio mínima anual registrada es de 5.6°C y la máxima de 21.3°C. La precipitación media anual es de 596 mm, la mínima registrada es de 7.1 mm y la máxima de 151.2 mm (García, 1988; INEGI, 2010).

3.2.7. Francisco I. Madero

Se ubica en el estado de Tlaxcala en el municipio de Nanacamilpa a 19° 31' LN y 98° 29' LO, a una altitud de 2652 msnm, con una precipitación media anual de 596 mm y una temperatura promedio de 21.3°C (García, 1988; INEGI, 2010).

3.2.8. Francisco Villa

Francisco Villa se ubica en el Estado de Tlaxcala en el municipio de Xaltocan. El sitio se ubica a 2,533 msnm en los 19° 36' LN y 98° 28' LO (INEGI, 2010).

En la mayor parte del municipio prevalece el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Igualmente la temperatura media anual máxima registrada es de 22.5 °C. Durante el año se observan variaciones en la temperatura que van desde los 2.5 °C como mínima, hasta los 25.7 °C como máxima. La precipitación media anual es de 581 mm, la promedio mínima registrada es de 11.4 mm y la máxima de 169.2 mm (García, 1988).

3.2.9. Velasco

Ubicado a 2460 msnm en el municipio de Xalostoc, Tlaxcala y se sitúa en los 19° 22' LN y 98° 05' LO (INEGI, 2010).

El clima se considera templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de abril a septiembre y los meses más calurosos son abril y mayo. La dirección de los vientos en general es de noreste a suroeste; igualmente la temperatura media anual es de 14.3 °C promedio y con una máxima anual de 22.6°C y una mínima de 4.7°C. La precipitación media anual es de 682 mm, la máxima promedio registrada es de 156.5 mm y la mínima de 8.1 mm (García, 1988; INEGI, 2010).

3.2.10. Cuyoaco

El municipio de Cuyoaco se localiza en la parte centro-norte del estado de Puebla. Las coordenadas geográficas del sitio son 19° 31' LN y 97° 30' LO. Se ubica a una altitud de 2420 msnm. En el municipio se identifican dos climas; templado subhúmedo con lluvias en verano. y el clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Presenta una precipitación media anual de 569 mm y una temperatura media anual de 15.5°C (García, 1988; INEGI, 2010).

Cuadro 1. Sitios muestreados en los ciclos agrícolas de los años 2009 y 2010.

Estado	Sitio	Ciclo P/V	Coordenadas	Altitud msnm	Precipitación mm
Estado de Méx.	Chapingo	2009	19° 35' LN	2240	589
		2010	98° 34' LO		
Tlaxcala	Santa Lucía	2009	19° 27' LN	2260	636
		2010	98° 53' LO		
	Juchitepec	2009	19° 06' 22" LN	2683	799
		2010	98° 54' 46" LO		
	Coatepec	2009	19° 25' 54" LN	2481	640
		2010	98° 49' 5" LO		
	Nanacamilpa	2009	19° 29' LN	2811	841
		2010	98° 32' LO		
	Terrenate	2009	19° 28' LN,	2682	596
		2010	97° 55' LO		
Puebla	Francisco I. Madero	2009	19° 31' LN	2652	596
			98° 29' LO		
	Francisco Villa	2009	19° 36' LN	2533	581
			98° 28' LO		
	Velasco	2009	19° 22' LN 98° 05' LO	2460	682
Puebla	Cuyoaco	2009	19° 31' LN	2420	569.6
			97° 30' LO		

3.3. Variedades

3.3.1. Gálvez M87

Gálvez M87 es una variedad de tallo color crema resistente al acame; su espiga de color crema, de forma cuadrada, compacta y erecta; su grano es color blanco, de forma ovoide, tamaño medio y con un tipo de gluten medio fuerte balanceado, apto para pan hecho a mano y mejorar trigos suaves o fuertes. Esta variedad ha registrando altura de planta de hasta 30 cm en condiciones de sequía, y bajo condiciones favorables de humedad alcanza una altura de 100 centímetros. Se considera precoz con un rango a

floración de 45 a 70 días, mientras que la madurez fisiológica es de 80 a 140 días (Moreno *et al.*, 1989).

La resistencia a enfermedades es un aspecto importante en las variedades para temporal, y Gálvez M87 presenta en las condiciones de producción donde fue evaluada susceptibilidad moderada a la roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *indica*) y tiene resistencia parcial a roya de la hoja (*Puccinia recondita*). Es moderadamente susceptible a *Fusarium graminearum*, *Septoria tritici* y *Helminthosporium sativum* con un 86% de daño, enfermedades foliares que se presentan en zonas con alta humedad relativa (Villaseñor *et al.*, 2007).

El área de adaptación de la variedad Gálvez M87 se extiende a casi todas las regiones temporaleras de México donde se siembra trigo, principalmente en aquellas donde las condiciones de temporal tienden a ser de regulares a críticas, como en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco, Querétaro, México, Tlaxcala, Puebla, Hidalgo y Oaxaca. En áreas de buen temporal, se recomienda para fechas de siembra tardías (Moreno *et al.*, 1989).

3.3.2. Temporalera M87

La variedad Temporalera M87 presenta las siguientes características: espigamiento desuniforme y madurez uniforme; tallo de color crema y tolerante al acame; espiga de color crema y de forma fusiforme, semicompacta y ligeramente inclinada; grano grande de color ámbar y con un tipo de gluten medio fuerte, apto para la industria panadera; altura de planta de alrededor de 90 centímetros, ciclo vegetativo semitardío (Villaseñor *et al.*, 1989).

El ciclo de cultivo varía mucho conforme a las condiciones de producción, y dentro de los factores ambientales determinantes se tiene la humedad en el suelo, la temperatura y la altitud; presenta un rango a floración de 50 a 85 días, mientras que la madurez fisiológica es de 85 a 150 días (Villaseñor *et al.*, 1989).

Las condiciones de producción en que se ha evaluado Temporalera M87 han permitido determinar que esta variedad tiene susceptibilidad a la roya lineal amarilla (*P. striiformis* f. sp. *indica*), susceptibilidad a la roya de la hoja (*P. recondita*), a *Helminthosporium sativum* y *Septoria* sp resultó tolerante; sin embargo, resultó moderadamente susceptible a *Fusarium graminearum* (Villaseñor *et al.*, 2007).

Su área de recomendación se puede extender a las zonas de temporal en los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Oaxaca en siembras tempranas e intermedias; y en los estados de Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala en siembras tempranas a tardías (Villaseñor *et al.*, 1989).

3.3.3. Batán F96

Batán F96 presenta las siguientes características fenotípicas: espigamiento uniforme, tallo de color crema tallo resistente al acame, espiga color crema claro de forma fusiforme y ligeramente curvada a la madurez; grano mediano, de color crema a ámbar y con gluten fuerte apto para la industria panadera; es de altura media a baja y con ciclo intermedio a la floración y precoz a la madurez debido a su rápido llenado de grano (Villaseñor *et al.*, 1998a).

La variedad Batán F96 se comportó moderadamente resistente a roya de la hoja, susceptible a roya amarilla, tolerante al complejo de tizones y manchas foliares, tolerante al tizón de la gluma y a la roña de la espiga y resistente al carbón volador (Villaseñor *et al.*, 2007).

Se recomienda la variedad Batán F96 para siembras en temporales secos a medio lluviosos en los estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo, México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas y Durango en fechas de siembras tempranas a tardías (Villaseñor *et al.*, 1998a).

3.3.4. Romoga F96

Romoga F96 presenta espigamiento uniforme, tallo de color crema y tolerante al acame; espiga color crema, de forma fusiforme y ligeramente curvada a la madurez; grano mediano de color rojo oscuro y con gluten fuerte apto para la industria panadera; es de altura media y con ciclo de cultivo intermedio. Esta variedad se clasifica de porte medio; en siembras de temporal se han registrado alturas de 40 a 100 centímetros. Dependiendo de las condiciones de temporal que se desarrolle, su ciclo a la madurez oscila desde 87 hasta 142 días en ambientes de sequía y lluviosos, respectivamente (Villaseñor *et al.*, 1998b).

La variedad Romoga F96 se comportó moderadamente susceptible a la roya de la hoja y roya amarilla, moderadamente susceptible, con el 61 % de daño, al complejo de tizones y manchas foliares, tolerante al tizón de la gluma y a la roña de la espiga y resistente al carbón volador (Villaseñor *et al.*, 2007).

Se recomienda la variedad Romoga F96 para siembras en temporales secos a medio lluviosos en los estados de Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas y Durango, en fechas tempranas e intermedias. (Villaseñor *et al.*, 1998b).

3.3.5. Náhuatl F2000

La variedad Náhuatl F2000 posee tallos moderadamente resistentes al acame, característica que impide someterla a un manejo intensivo en su cultivo para lograr alta productividad; sus aurículas son de color crema; su espigamiento es uniforme y sus espigas al madurar son de color amarillo medio, de densidad media pero compactada en la punta (característica distintiva de la variedad) y de posición recta; su grano es de tamaño mediano, de color ámbar y de consistencia media; el mayor efecto del medio sobre la altura y ciclo de cultivo son la temperatura (altitud) y la precipitación (sequia). Por su altura de planta, Náhuatl F2000 se clasifica como una variedad de porte medio (83 cm) (Villaseñor *et al.*, 2000a).

Náhuatl F2000 se clasifica como variedad de ciclo precoz. Su ciclo a madurez fisiológica ha oscilado desde 85 hasta 133 días en los ambientes de sequia y lluviosos, respectivamente (Villaseñor *et al.*, 2000a).

Es una variedad moderadamente resistente a roya de la hoja (*P. triticina*) y moderadamente susceptible a roya amarilla (*P. striiformis* f. sp. *tritici*). Es moderadamente susceptible a las enfermedades conocidas como tizón foliar (*Cochliobolus sativus*), mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*), mancha foliar

(*Septoria tritici*), mancha de la hoja (*Fusarium nivale*), tizón de la gluma (*S. nodorum*) y roña de la espiga (*F. graminearum*) (Villaseñor *et al.*, 2000a).

La resistencia a roya amarilla de Náhuatl F2000 no fue igualada por ninguna variedad de referencia mientras que su reacción a roya de la hoja sólo fue igualada por la variedad testigo más tolerante a este patógeno (Romoga F96). Por otra parte es conveniente indicar que esta nueva variedad no tiene buen nivel de tolerancia al complejo de enfermedades foliares por lo que su área de siembra se verá restringida a los ambientes altos y lluviosos, como por ejemplo en Nanacamilpa (Villaseñor *et al.*, 2007). Se recomienda para fechas de siembra tempranas a tardías en ambientes de baja a moderada precipitación (350 a 600 mm) en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México, Morelos, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas y Durango (Villaseñor *et al.*, 2000a).

3.3.6. Rebeca F2000

La variedad Rebeca F2000 tiene tallos resistentes al acame, por lo que es un genotipo que puede someterse a manejos intensivos en densidad de siembra y fertilización para lograr altos rendimientos; su espigamiento es uniforme y sus espigas al madurar son de color amarillo claro, de densidad laxa y de posición erecta; su grano es de tamaño mediano, de color ámbar a rojo claro y de consistencia media a dura (Villaseñor *et al.*, 2000b).

Por su altura de planta, Rebeca F2000 se clasifica como una variedad de porte medio (86 cm) y de ciclo tardío. Su ciclo de cultivo ha oscilado desde 95 días hasta 148 días en los ambientes de sequía y lluvioso, respectivamente (Villaseñor *et al.*, 2000b).

Rebeca F2000 es una variedad moderadamente susceptible a roya amarilla (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *P. striiformis* f. sp. *tritici*), moderadamente susceptible a roya de la hoja (*P. triticina*) y es moderadamente resistente, con el 25 % de daño, a las enfermedades conocidas como tizón foliar (*Cochliobolus sativus*), mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*), mancha foliar (*Septoria tritici*), mancha de la hoja (*Fusarium nivale*), tizón de la gluma (*S. nodorum*) y roña de la espiga (*F. graminearum*) (Villaseñor *et al.*, 2007).

Uno de los atributos de esta variedad es su nivel de resistencia al *complejo* de enfermedades foliares y de la espiga que inciden en trigo de temporal. Esa cualidad, junto con su resistencia al acame, le permite ubicarla como la mejor opción para siembras en ambientes lluviosos (Villaseñor *et al.*, 2000b).

Se recomienda como la mejor opción para fechas de siembra tempranas en ambientes lluviosos y medio lluviosos (más de 600 mm) en los estados de Chiapas, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México. Morelos, Michoacán y Jalisco. Esta variedad también es la mejor alternativa de siembra en la Sierra Tarasca y condiciones semejantes (Villaseñor *et al.*, 2000b).

3.4. Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el presente trabajo fueron incidencia general de hongos, incidencia de hongos patógenos e incidencia de hongos saprófitos.

3.5. Método de identificación de hongos en la semilla (Freezing Blotter)

Tratamiento previo: se remojaron las semillas durante tres minutos en una solución al 3% de hipoclorito de sodio para una desinfección superficial y posteriormente se enjuagaron con agua destilada en tres ocasiones.

Procedimiento: se colocaron 40 semillas (5 repeticiones con 8 semillas) separadas por espacios uniformes, utilizando una plantilla, sobre papel secante húmedo en cajas de plástico transparente. Se sellaron las cajas con parafilm y se incubaron a 20°C durante 48 horas (12 horas con luz blanca y 12 horas con oscuridad). Posteriormente se colocaron las cajas en el congelador a temperatura de -15 a -20°C durante 24 horas. Finalmente se dejaron a 20°C durante diez días aproximadamente (Warham *et al.*, 1998)

Figura 1.

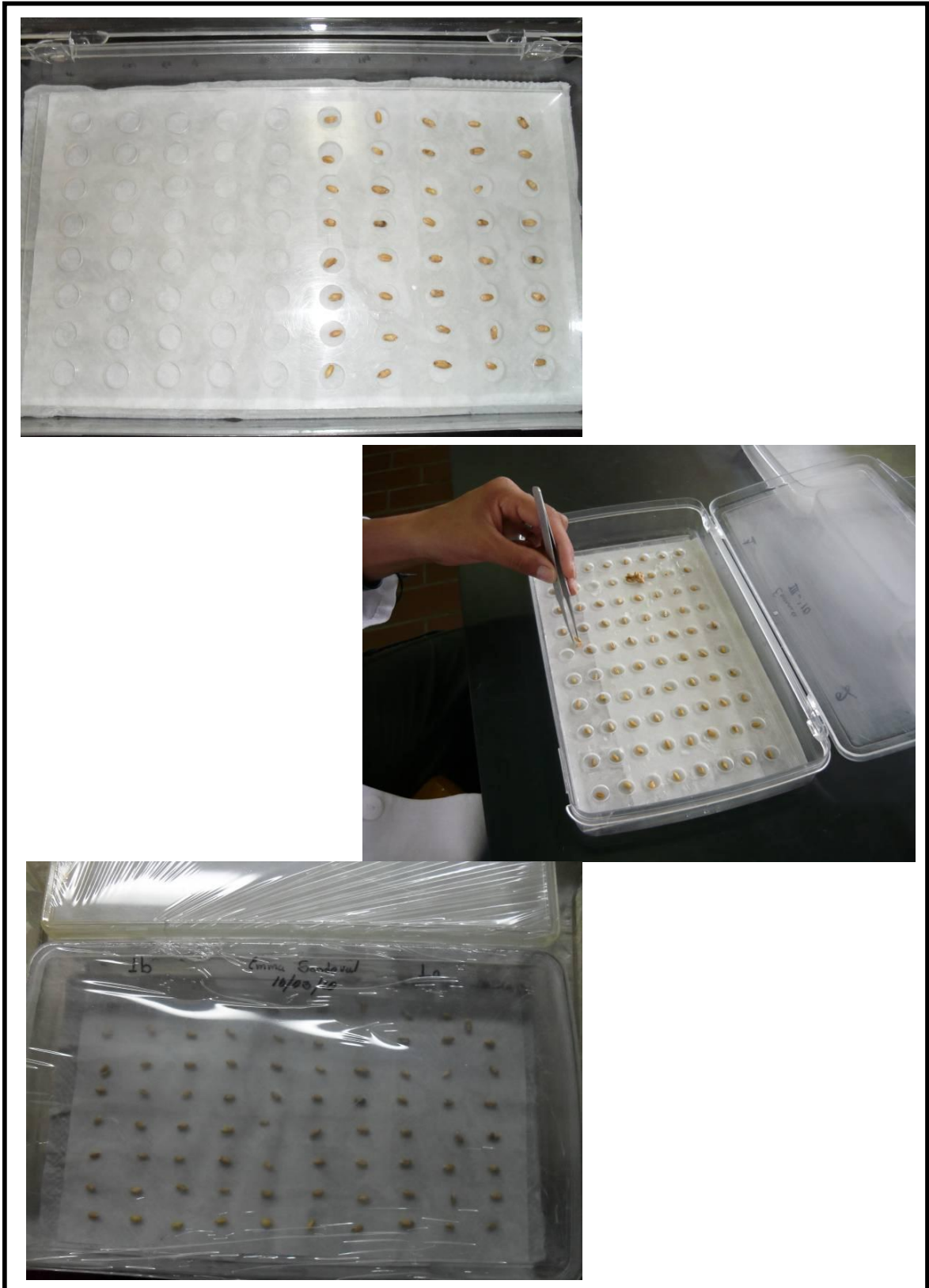


Figura 1. Metodología para el desarrollo de hongos en las semillas.

3.6. Identificación en laboratorio de especies de hongos presentes en la semilla.

La identificación de los hongos presentes en las semillas se realizó utilizando las características de las colonias (forma, tamaño y color) y morfología de las estructuras que se observaron en el microscopio compuesto; apoyándose con un microscopio simple se realizaron preparaciones temporales con lactofenol al 10 % tomando pequeñas cantidades de hongo de la parte más vieja de la colonia para asegurar que hubiera estructuras reproductivas que permitieran identificar al hongo; se observaron los conidios, microconidios, macroconidios, etc. para identificar la especie de la que se tratara. Tanto las colonias desarrolladas como las estructuras reproductivas se compararon en base a Dickson (1963), Mathur y Cunfer (1993), Ríos (1985), Romero (1993), Smith *et al.*, (1992), Wiese (1987), Warham *et al.*, (1998) y Zillinsky (1984) Figura 2.

Se registró el número de semillas sanas, con hongos patógenos y con hongos saprófitos para todos los sitios muestreados.

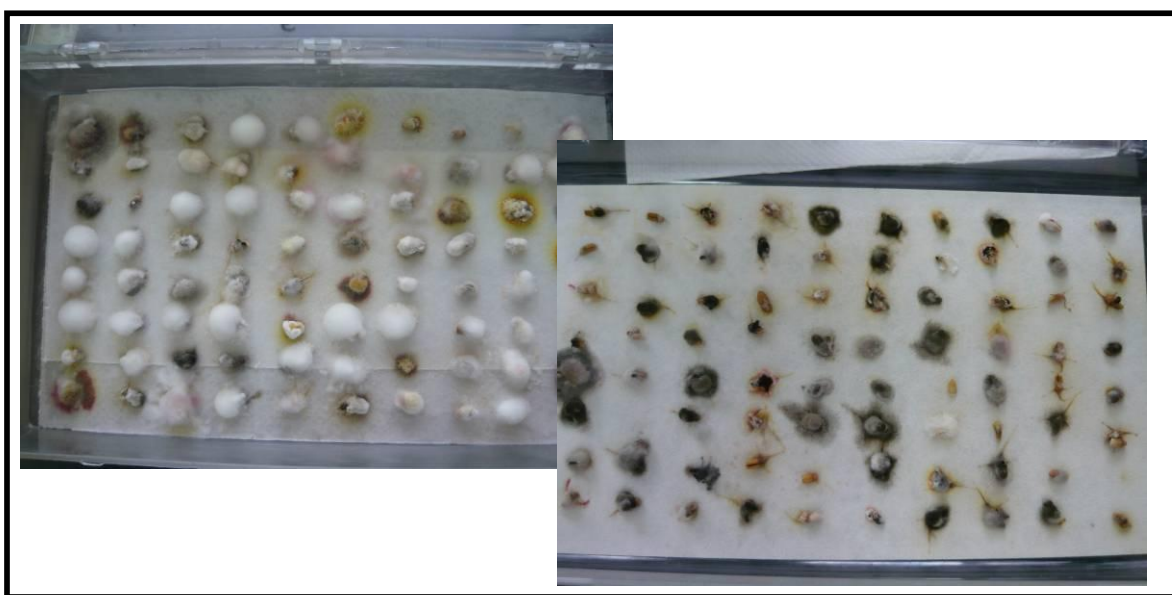


Figura 2. Colonias de hongos en semillas de trigo.

3.7. Análisis de datos

Se obtuvo en porcentaje la incidencia general de hongos, incidencia de hongos patógenos e incidencia de hongos saprófitos, encontrados en cada variedad y cada sitio; posteriormente se analizaron con el apoyo del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) y se realizaron comparaciones por variedades y sitios. Se realizó comparación de medias empleando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) (Box *et al.*, 2006 y Castillo, 2003). También se obtuvo la frecuencia de las diferentes especies de hongos identificados por sitios y variedades.

IV. RESULTADOS

4.1. Identificación de especies de hongos por el método de Freezing Blotter

Para el ciclo P-V/2009 se identificaron 27 hongos diferentes, de los cuales se encontraron 11 especies patógenas y 16 especies saprófitas. Para el ciclo P-V/2010 se identificaron 18 hongos, de los cuales ocho especies fueron patógenas y 10 especies saprófitas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies de hongos identificados por el método de Freezing Blotter.

	Hongo	Patógeno o saprófito	Ciclo encontrado
1	<i>Curvularia</i>	Patógeno	2009 y 2010
2	<i>Fusarium avenaceum</i>	Patógeno	2009
3	<i>Fusarium culmorum</i>	Patógeno	2009
4	<i>Fusarium equiseti</i>	Patógeno	2009 y 2010
5	<i>Fusarium graminearum</i>	Patógeno	2009 y 2010
6	<i>Fusarium moniliforme</i>	Patógeno	2009 y 2010
7	<i>Fusarium nivale</i>	Patógeno	2009 y 2010
8	<i>Fusarium oxysporum</i>	Patógeno	2009 y 2010
9	<i>Fusarium poae</i>	Patógeno	2009 y 2010
10	<i>Helminthosporium cynodontis</i>	Patógeno	2009
11	<i>Helminthosporium sativum</i>	Patógeno	2009 y 2010
12	<i>Acremoniella</i>	Saprófito	2009
13	<i>Alternaria spp</i>	Saprófito	2009 y 2010
14	<i>Arthrimum</i>	Saprófito	2009
15	<i>Aspergillus flavus</i>	Saprófito	2009 y 2010
16	<i>Bipolaris</i>	Saprófito	2009
17	<i>Blastomyces</i>	Saprófito	2009
18	<i>Botrytis</i>	Saprófito	2009
19	<i>Cephalosporium</i>	Saprófito	2009 y 2010
20	<i>Chaetomium</i>	Saprófito	2009
21	<i>Epicoccum</i>	Saprófito	2009 y 2010
22	<i>Heterosporina</i>	Saprófito	2009
23	<i>Penicillium</i>	Saprófito	2009 y 2010
24	<i>Phoma</i>	Saprófito	2009 y 2010
25	<i>Stemphyllum</i>	Saprófito	2009 y 2010
26	<i>Torula</i>	Saprófito	2009 y 2010
27	<i>Verticillium</i>	Saprófito	2009 y 2010

4.1.1. Hongos patógenos

Fusarium graminearum Schwabe

La colonia que se observó en la semilla presentó abundante micelio fino y suelto, inicialmente blanca, después amarilla y por último rosa (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 3).

No producen microconidios. Los macroconidios se observaron en masas de color naranja, éstos fueron hialinos, rectos o ligeramente curvos y con frecuencia presentaron una célula apical alargada que se curva; generalmente midieron 25-50 μm por 2.5-5.0 μm y tienen de tres o más septas. Zillinski (1984) señala que cuando se presentan periodos prolongados de tiempo húmedo y caliente durante la cosecha, con frecuencia se desarrollan peritecios superficiales sobre las espigas y paja infectadas (Figura 4).

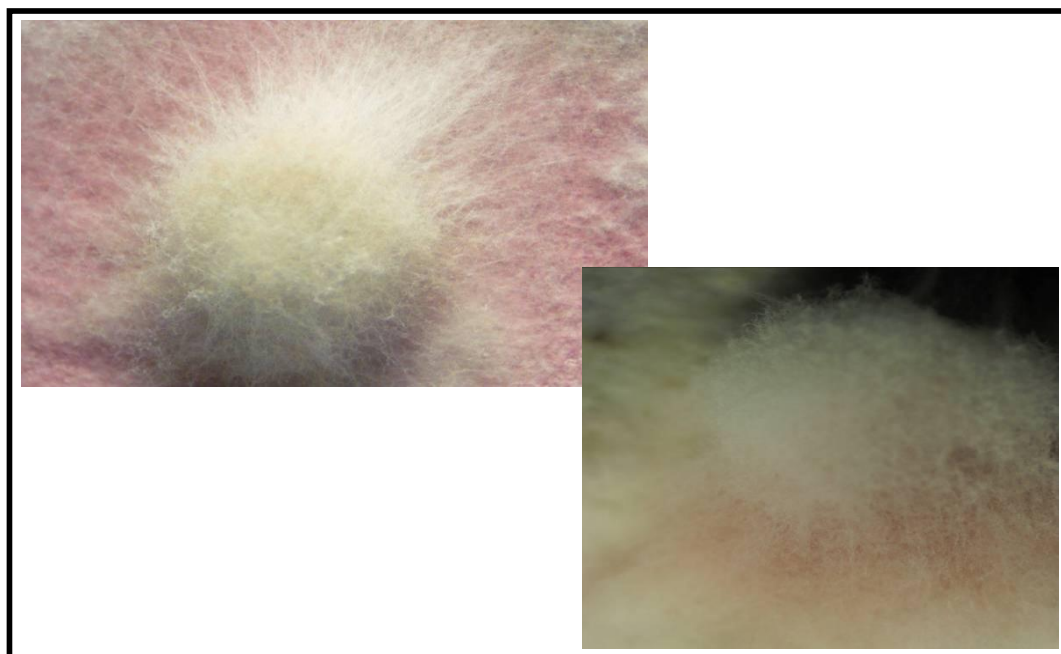


Figura 3. Colonias de *F. graminearum* en semilla

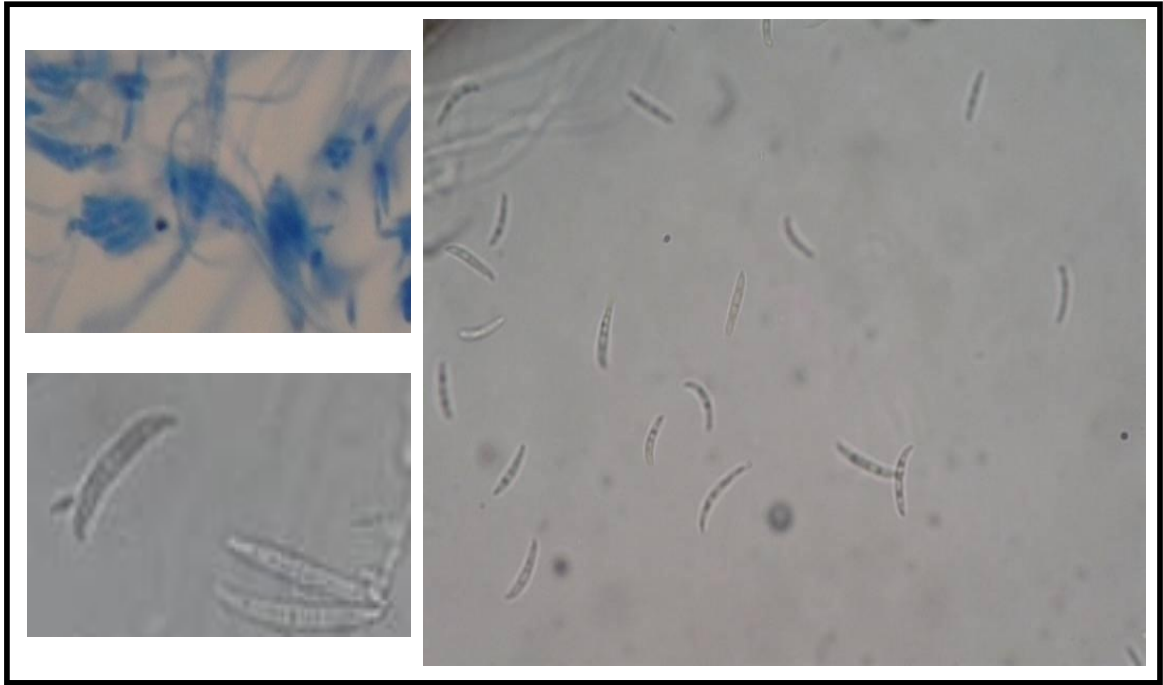


Figura 4. Macroconidios de *F. graminearum*

***Fusarium nivale* Ces. Ex Berl. Y Vogl**

Este patógeno es muy importante del trigo, especialmente en zonas templadas, donde puede causar pérdidas totales (Warham *et al.*, 1998).

Los conidios maduros son de tamaño uniforme, 20-28 μm x 2.5-5 μm , con tres septas (Zillinsky, 1984). *Fusarium nivale* produce hifas angostas (1.5-50 μ de diámetro) y las colonias observadas fueron de color blanco a durazno (Figura 5). Los macroconidios son pequeños, de 2.8-4 x 16-25 μ y con 1 a 3 tabiques característicos sin un talón evidente (Figura 6). Las fiálides de 2-3 a 7-9 μ nacen en las ramificaciones hifales o en los esporodoquios sueltos. Este hongo no produjo clamidosporas (Wiese, 1987).



Figura 5. Colonias de *F. nivale* en semilla

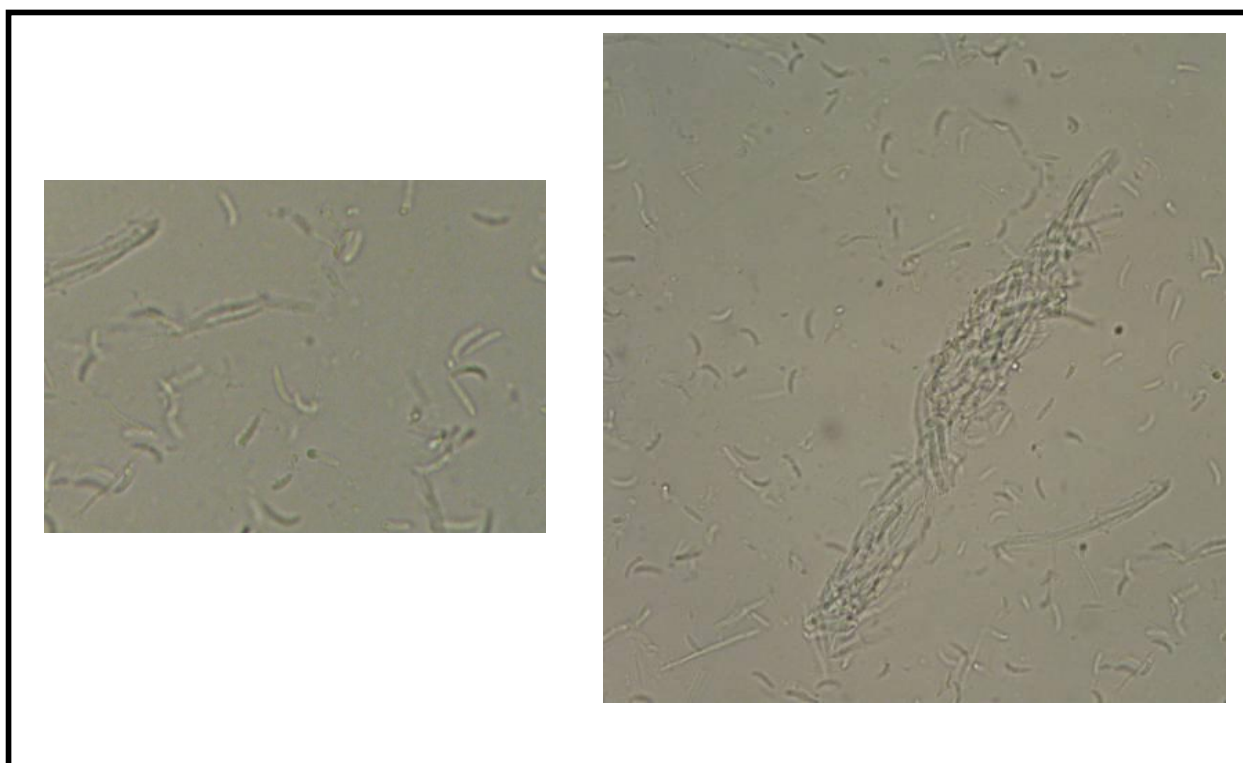


Figura 6. Conidios de *F. nivale*

***Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.**

F. avenaceum se puede identificar fácilmente por sus macroconidios característicos en forma de arco, muy largos y angostos (Zillinsky, 1984).

Las colonias que se presentaron en las semillas fueron de color blanco. El micelio observado fue blanco, muy fino, como telaraña con penachos y con un tinte color durazno (Figura 7). Los conidios se desarrollan en un micelio aéreo y en esporodoquios, los macroconidios tienen una célula apical alargada y una basal visible (Wiese, 1987). Son largos, delgados y más o menos curvos de manera uniforme en toda su longitud. 50-80 µm por 2.5-4.0 µm y tienen de 4 a 7 septas (Figura 8). No se presentaron peritecios, lo cual coincide con lo señalado por Zillinsky (1984) de que se presentan raramente en la naturaleza.



Figura 7. Colonias de *F. avenaceum* en semilla

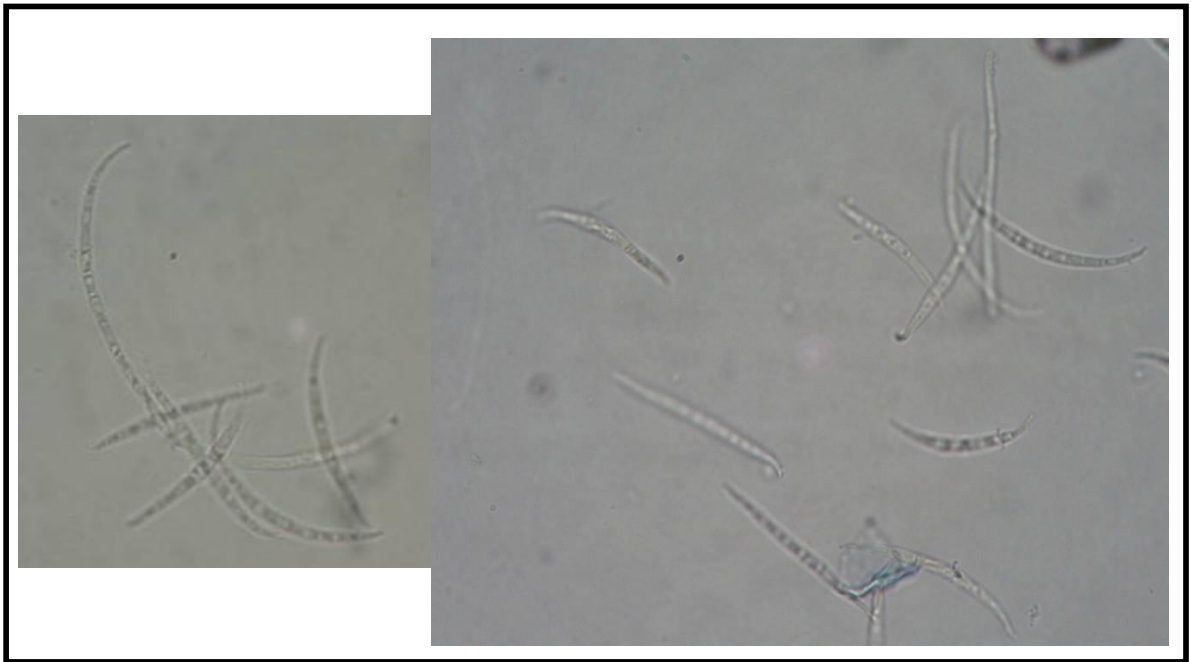


Figura 8. Conidios de *F. avenaceum*

***Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc.**

La colonia en semilla de *Fusarium culmorum* presentó poco micelio ralo inicialmente blanco, luego amarillo y en algunas ocasiones color rojo o café. Se presentó abundante producción de masas de esporas de color anaranjado opaco o rosado (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 9).

No hubo microconidios pero sí abundantes macroconidios gruesos y puntiagudos en su ápice. Se desarrolla individualmente a partir de la fiálides, que son de 5 X 15-20 μ (Wiese, 1987). Los macroconidios se observaron cortos, robustos, hialinos, uniformemente curvos, con una célula apical hialina y una célula de pie bien definida.

Los conidios presentaron generalmente de tres a cinco septas y de acuerdo a Zillinsky (1984) miden 30- 60 μ m por 4-7 μ m (Figura 10).



Figura 9. Colonias de *F. culmorum* en semilla

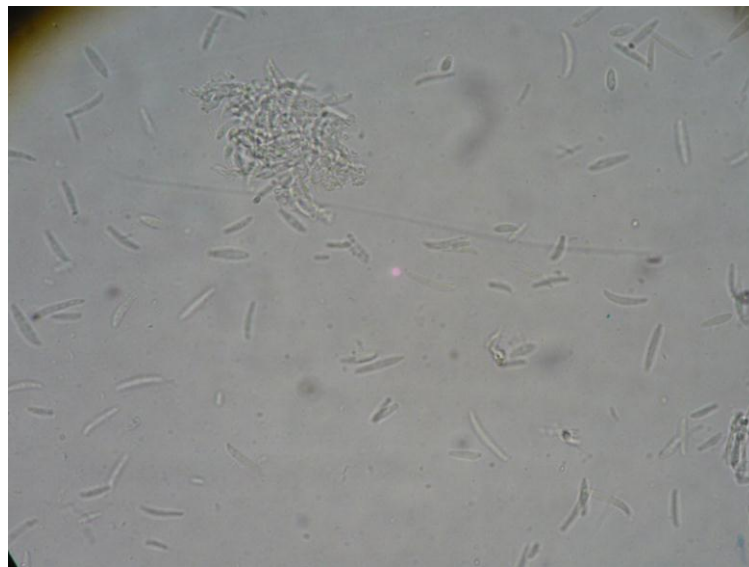


Figura 10. Conidios de *F. culmorum*

***Fusarium moniliforme* (Sheld.).**

La colonia en la semilla creció rápidamente, presentó micelio aéreo blanco que frecuentemente se tiñó de color púrpura (Figura 11). Los abundante microconidios se observaron de color hialinos, generalmente unicelulares, pero en ocasiones bicelulares; de acuerdo a Warham *et al.*, (1998) miden 5-12 por 1-3 μ m. Los microconidios son de forma oval o de garrote y están ligeramente aplanados en cada extremo No se observaron macroconidios ni clamidiosporas. (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 12).



Figura 11. Colonias de *F. moniliforme* en semilla



Figura 12. Microconidios de *F. moniliforme*

***Fusarium equiseti* (Corda) Sacc**

La colonia en semilla fue inicialmente blanca con micelio con penachos, con un tinte durazno que más tarde cambió a beige y finalmente a oliva oscuro (Figura13). Los macroconidios observados fueron hialinos, curvos y con células apicales alargadas que se doblan bruscamente hacia adentro. Los conidios maduros de acuerdo a Zillinsky (1984) miden 22-60 μm x 3.5-6.0 μm . No se observaron microconidios (Figura 14).



Figura 13. Colonias de *F. equiseti* en semilla

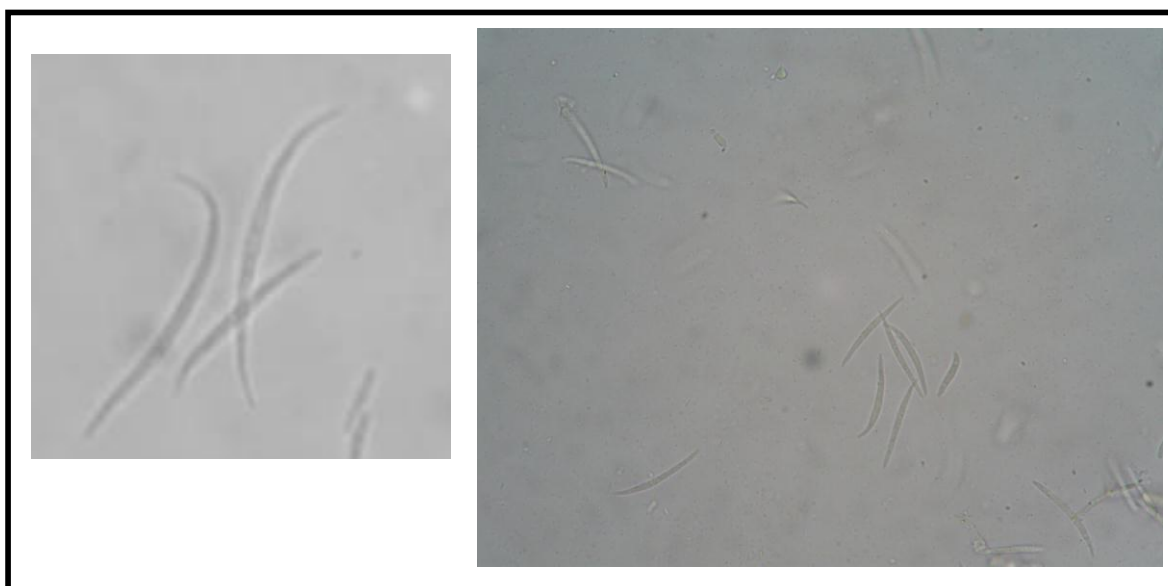


Figura 14. Macroconidios de *F. equiseti*

***Fusarium oxysporum* Schlecht**

La colonia en la semilla creció con rapidez, produciendo micelio aéreo, inicialmente blanco, que cambió a color durazno. El micelio se observó muy enmarañado. Las masas de esporas son de color blanco cremos (Figura 15).

Se presentaron microconidios abundantes, hialinos, unicelulares, de forma arriñonada u ovalada, los cuales de acuerdo Warham *et al.*, (1998) miden 5-12 x 2-4 μm . Se observaron macroconidios hialino, poco curvos, puntiagudos en ambos extremos con 3-7 septas, el ápice en forma de gancho y la célula basal como pie (Figura 16).



Figura 15. Colonias de *F. oxysporum* en semilla



Figura 16. Macroconidios de *F. oxysporum*

***Fusarium poae* (Peck) Wollenw**

La colonia en la semilla es algodonosa, con un micelio fino de color blanco y enmarañado, aunque posteriormente se tornó café rojizo. Las masas de conidios observadas fueron pequeñas (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith *et al.*, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 17).

Los microconidios son hialinos, esféricos y de acuerdo a Warham *et al.*, (1998) miden 7-10 μm de diámetro, generalmente fueron unicelulares y formando bolas viscosas. No se observaron macroconidios (Figura 18).



Figura 17. Colonias de *F. poae* en semilla

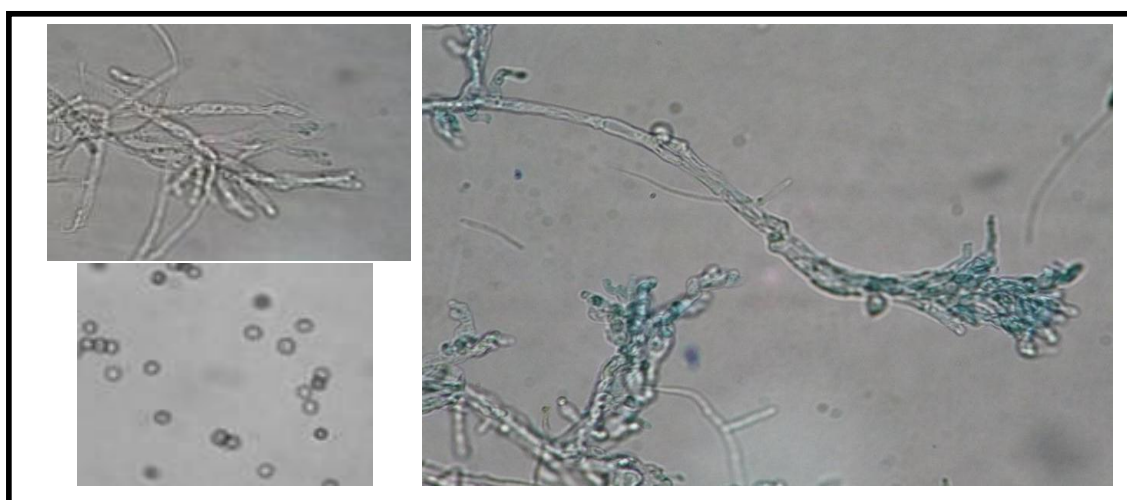


Figura 18. Microconidios de *F. poae* en conidióforos

***Helminthosporium sativum* Pammel, King y Bakke (syn. *Bipolaris sorokiniana*)**

La colonia en semillas fue de color café oscuro a negro, compuesta de masas densas de conidióforos y conidios, como se puede observar en la (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith *et al.*, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 19).

Los conidióforos se desarrollaron individualmente o en grupos, erectos, no ramificados, los cuales de acuerdo a Warham *et al.*, (1998) miden de 100-150 μm por 6-8 μm , presentan varias septas. Los conidios se desarrollan lateralmente, mismos que se observaron negros y brillantes bajo aumentos pequeños, con aumentos mayores se ven color café olivo oscuro. Presentaron generalmente de 5 a 9 septas, son elípticos pero

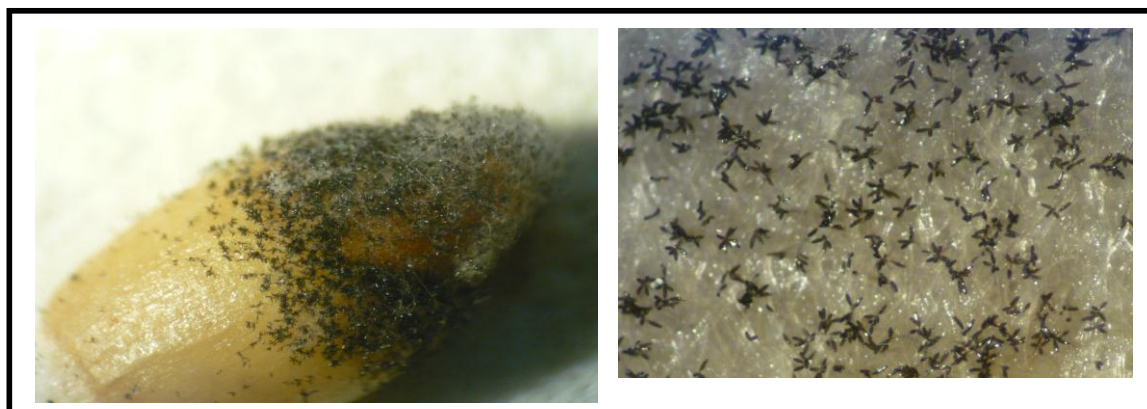


Figura 19. Colonias de *Helminthosporium sativum* en semilla

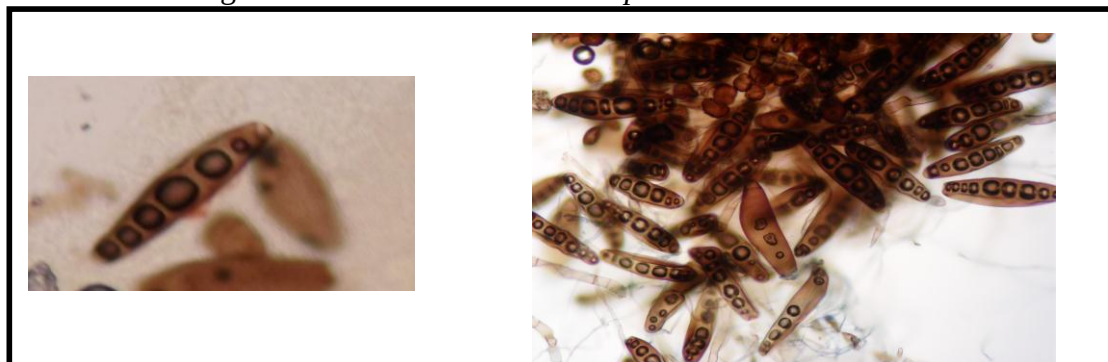


Figura 20. Conidios de *Helminthosporium sativum*

Helmintosporium cynodontis

La colonia en semilla creció muy rápido, de color gris, presentó poco micelio aéreo blanco y una gran cantidad de conidióforos (Warham *et al.*, 1998) (Figura 21).

En *Helmintosporium cynodontis* se observaron conidióforos individuales en pequeños grupos, cortos, rectos o ligeramente doblados, pálidos o de color café, simples, lisos, cilíndricos, septados. Los conidios que se observaron fueron generalmente curvos y ahusados en los extremos redondeados, de color café dorado o pálidos, liso y con una cicatriz oscura dentro del contorno de la célula basal, con 3-9 septas (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith *et al.*, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 22).

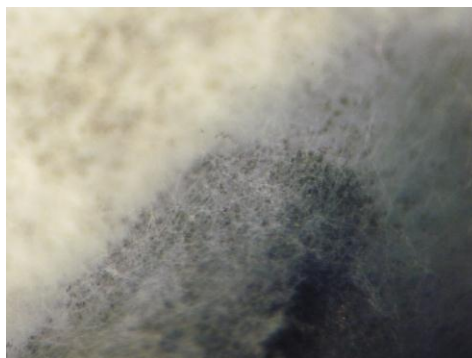


Figura 21. Colonias de *Helmintosporium cynodontis* en semilla

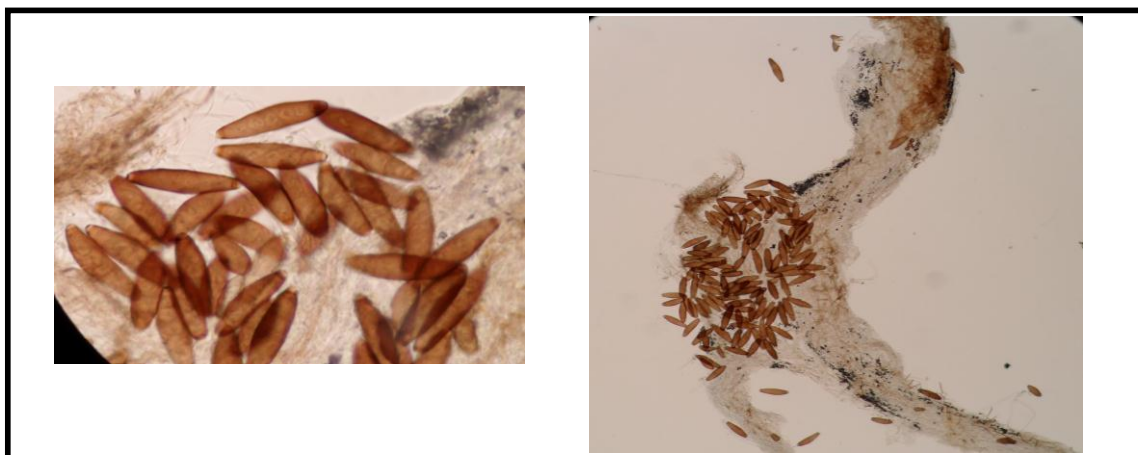


Figura 22. Conidios de *Helmintosporium cynodontis*

***Curvularia* spp Boedijn**

La colonia en la semilla se produce dispersa; de color café, gris o negra algodonosa o en forma de cojín (Figura 23). Las hifas se observaron ramificadas, septadas, incoloras o de color café. Los conidióforos se observaron solos y en grupos, en forma lateral o terminal, de color café, septados. Los conidios se observaron en el ápice o los lados del conidióforo. Los conidios son rectos o curvos, generalmente anchos en medio y estrechos en los extremos, en forma de una curva ovalada, con 3 o más septas, Presentan generalmente la célula central más grande y más oscura que las demás (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith *et al.*, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 24).



Figura 23. Colonias de *Curvularia* spp en semilla

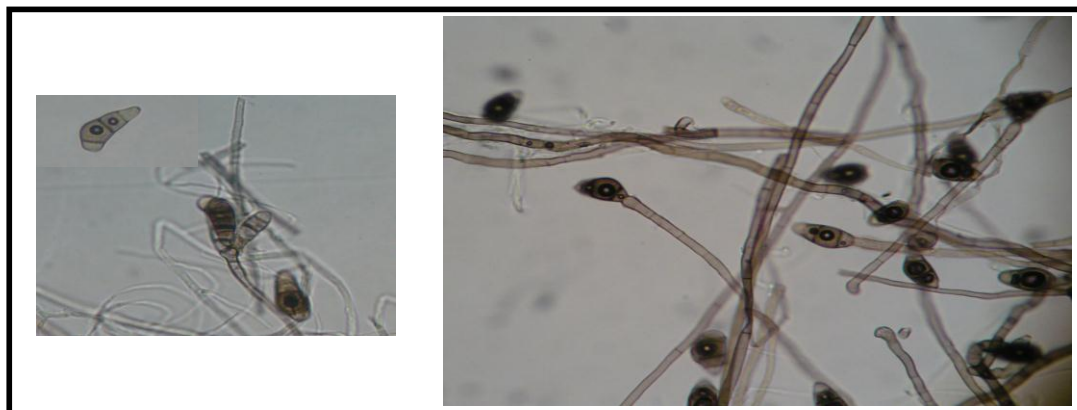


Figura 24. Conidios de *Curvularia* spp

4.1.2. Hongos saprófitos

Alternaria Nees

La colonia en la semilla se presentó de varios colores como gris oscura, blanca, verde oscuro o casi negra (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 25).

Los conidios se desarrollaron en todos los casos en cadenas, ovoides o elipsoidales y con frecuencia uno de sus extremos se adelgaza hasta formar un pico. De color café de tono claro a oscuro, con varias septas transversales, longitudinales u oblicuas. Los conidios de *Alternaria* sp tienen características morfológicas únicas, sin embargo, las similitudes entre especies dentro del género hace que la identificación entre éstas sea muy difícil. Las especies que causan manchas foliares desarrollan conidios solos o en cadenas algo más grandes hasta de 100 μm de longitud y 30 μm de ancho, pero son muy similares en otras características, pueden distinguirse de otras formas saprofitas por su habilidad para parasitar al trigo (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith *et al.*, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 26).

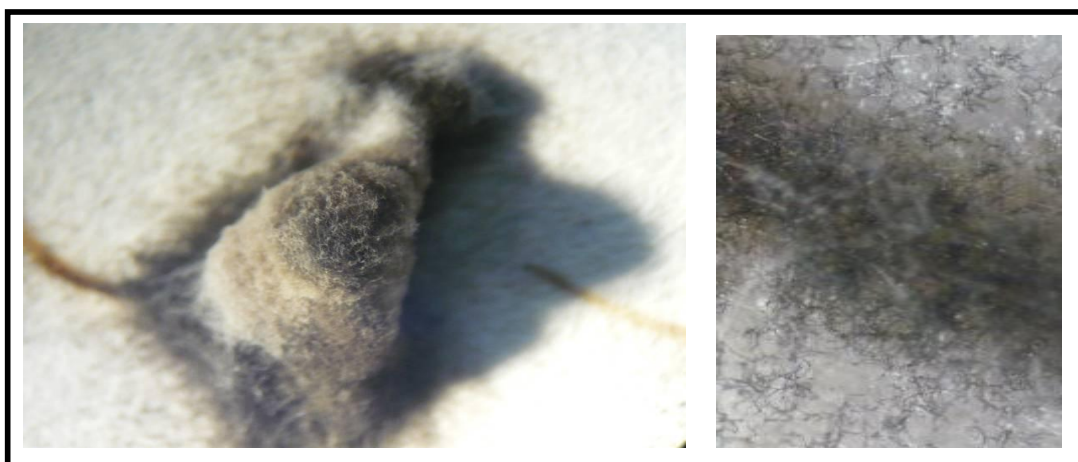


Figura 25. Colonias de *Alternaria* spp en semilla.



Figura 26. Conidios de *Alternaria* spp

Stemphylium botryosum

La colonia en semilla creció muy rápido, de color gris, café claro, café oscuro o negro, con aspecto algodonoso (Figura 27). Los conidios varían en forma de globosos ovoides a cilíndricos con extremos redondeados, presentan algunas septas transversales y longitudinales oblicuas pero no tienen el pico prominente que caracteriza a *Alternaria* spp. Son de color café obscuro a negro, tienen una superficie ligeramente rugosa (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 28).



Figura 27. Colonias de *Stemphylium botryosum* en semilla

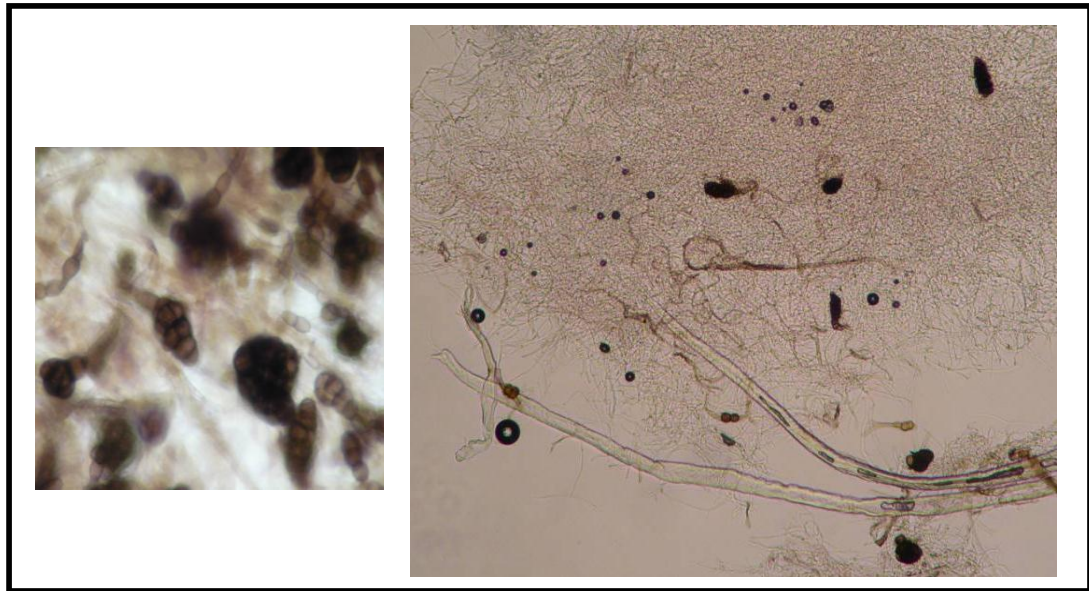


Figura 28. Conidios de *Stemphylium botryosum*

***Penicillium* spp Link**

La colonia en la semilla creció lentamente. El micelio fue escaso, pero con mucha esporulación que da a la colonia una apariencia de cojín; generalmente son de color verde/azul (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 29).

Los conidióforos se observaron conspicuos, más o menos erguidos, hialinos, rugosos o lisos, con una serie de ramificaciones que dan la estructura característica de un cepillo. Los conidios son unicelulares, esféricos, lisos y de color brillante, generalmente de color verde/azul (Mathur y Cunfer, 1993; Ríos, 1985; Romero, 1993; Smith *et al.*, 1992; Wiese, 1987; Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984).



Figura 29. Colonias de *Penicillium* spp en semilla

***Aspergillus* spp Micheli**

La colonia en la semilla creció lentamente con micelio entre compacto y bastante suelto, mismo que es de color blanco o tenuamente amarillo, produjo abundantes estructuras conidiales erguidas y de color negro (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 30).

Los conidióforos son largos, lisos o rugosos, con el ápice hinchado y cubierto parcial o totalmente esterigmas, con esporas en largas cadenas secas; los conidios hialinos y de colores brillantes, globosos, ovales o elípticos y lisos, las cabezas conidiales son



Figura 30. Colonias de *Aspergillus* spp en semilla

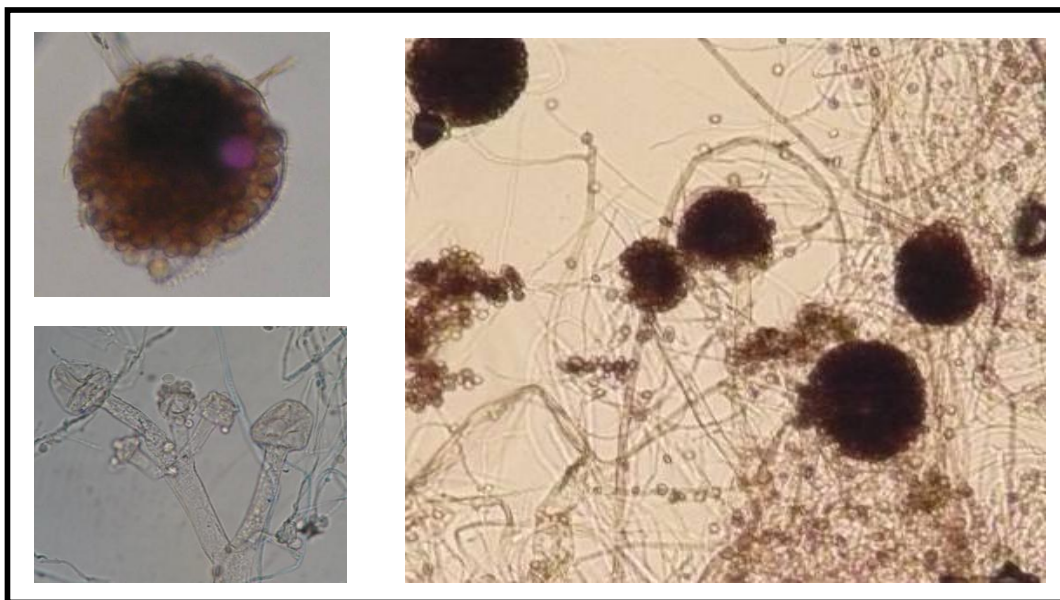


Figura 31. Conidios de *Aspergillus* spp

***Phoma* spp**

La colonia en la semilla presentó poco micelio blanco, pero grandes cantidades de picnidios de color café oscuro o negro en la superficie de la semilla o del papel secante (Figura 32).

Las estructuras fructíferas son picnidios oscuros y esféricos, los cuales se observaron inmersos en el tejido hospedante o superficialmente. En los picnidios presentaron un cuello sobresaliente, los conidios son de forma ovoide alargada, unicelulares y subhialinos (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 33).



Figura 32. Colonias de *Phoma* spp en semilla

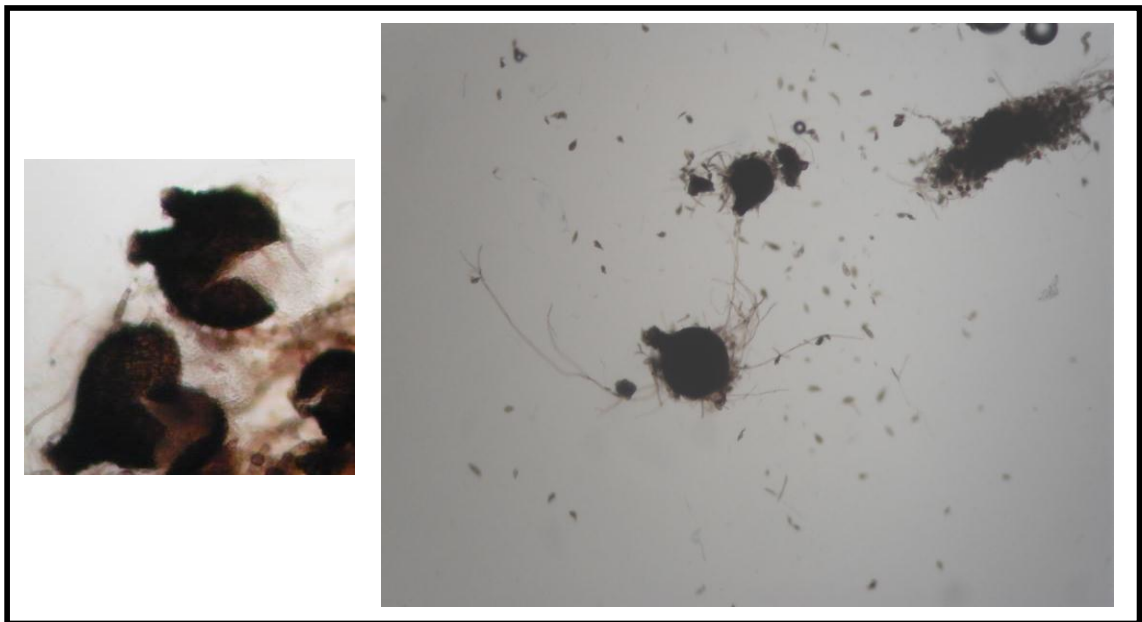


Figura 33. Picnidios y conidios de *Phoma* spp

***Epicoccum* Link**

La colonia en la semilla mostró una pigmentación amarilla, de color ámbar a anaranjado dentro del micelio blanco y en particular alrededor de éste (Figura 34). Las estructuras fructíferas crecieron en grupos pequeños, compuestos de esporas negras que se desarrollan a partir de esporodoquio. El micelio se encuentra inmerso en el tejido

vegetal. Los conidióforos son compactos, muy cortos, lisos y producen una sola espora terminal. Los conidios maduros son de color café oscuro a negro, globosos o ligeramente angulares e irregularmente septados. Las septas a menudo están ocultas por la gruesa y rugosa pared de la espore, que parece estar cubierta por protuberancias cortas y romas (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 35).

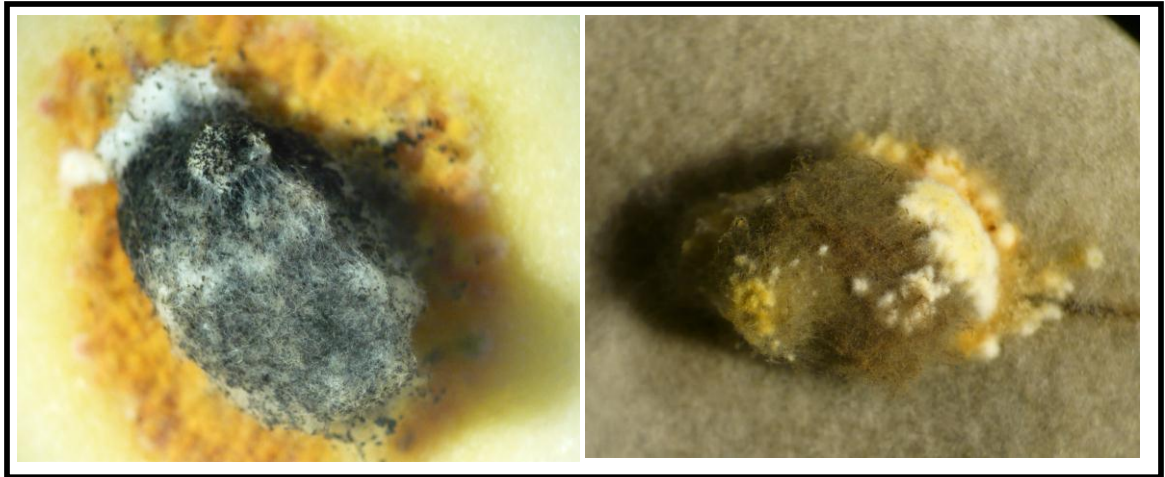


Figura 34. Colonias de *Epicoccum* spp en semilla.

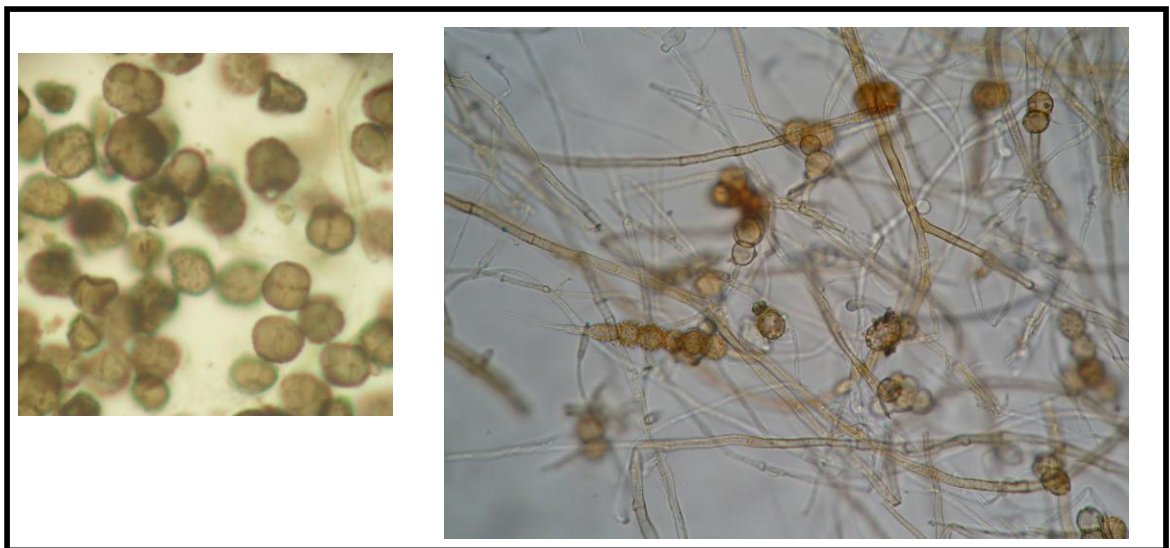


Figura 35. Conidios de *Epicoccum* spp.

***Torula* Pers**

En la semilla, el hongo produjo pequeñas colonias compactas de color verde oscuro, que pueden aglutinarse y más viejas, se cambiaron a color café (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 36).

Los conidios se desarrollan en cadenas largas y parecen levantarse de segmentos de micelio superficial. Cuando maduran, las cadenas conidiales se rompen en segmentos de una a muchas células, los conidios son unicelulares esféricos (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 37).



Figura 36. Colonias de *Torula* spp en semilla.

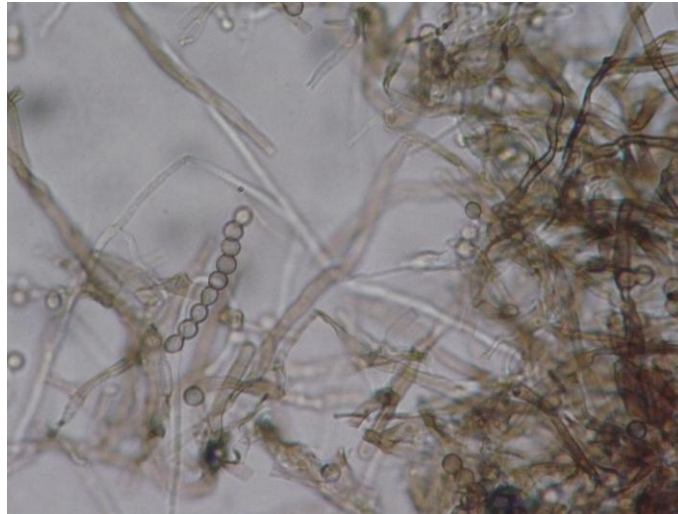


Figura 37. Conidios de *Torula* spp.

***Chephalosporium acremonium* Link**

La colonia en semilla fue compacta, creció lentamente, de color blanco o gris pálido; las hifas son hialinas, septadas, simples o ramificadas (Warham et al., 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 38).

Los conidióforos surgen de las hifas directa e individualmente en ángulos rectos, son hialinos, cortos y ahusados hacia la punta. Los conidios se producen en bolas o rara vez en cadenas frágiles en el ápice del conidióforo. Son hialinos con extremos redondeados, a veces curvos, no septados (Warham et al., 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 39).



Figura 38. Colonias de *Cephalosporium* spp en semilla.

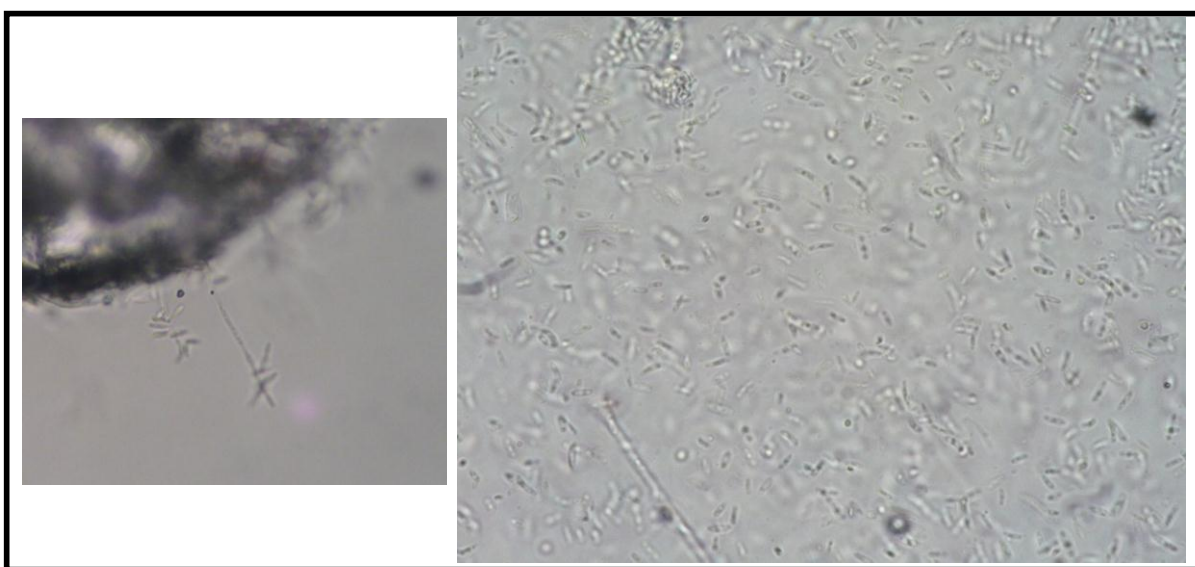


Figura 39. Conidios de *Cephalosporium* spp.

***Verticillium* spp**

La colonia en la semilla fue blanca o grisácea, con micelio algodonoso en penachos (Figura 40). Los conidióforos fueron abundantes, hialinos, septados, de longitud variable. Las fiálidas que producen conidios están dispuestas en verticilios en la punta y en intervalo a todo lo largo de las hifas. Los conidios se observaron hialinos, cilíndricos y con extremos redondeados (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 41).



Figura 40. Colonia de *Verticillium* spp en semilla.

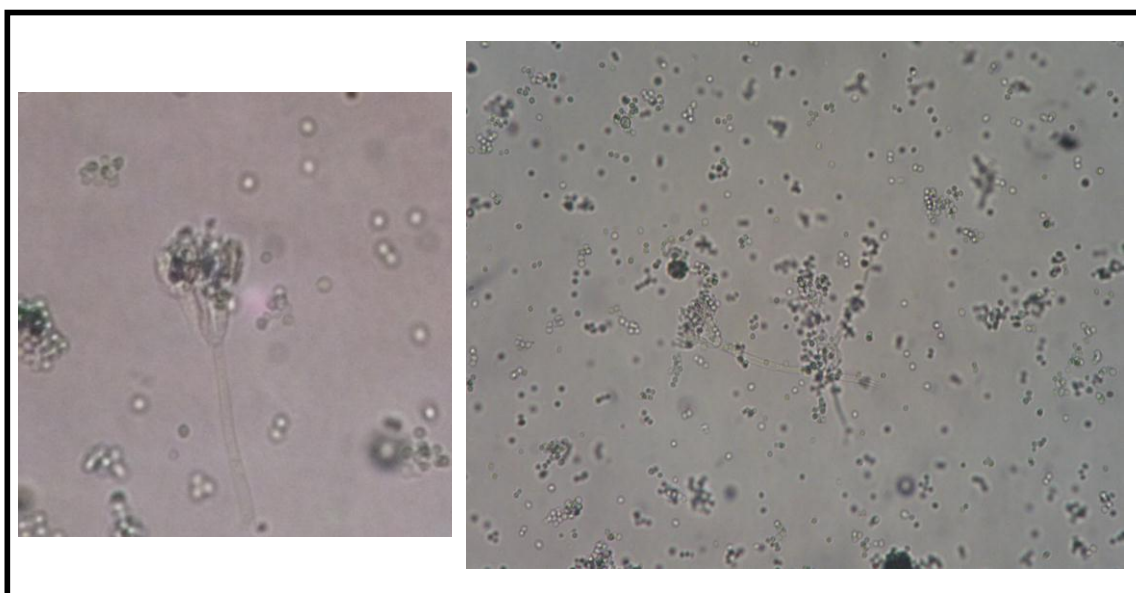


Figura 41. Conidios de *Verticillium* spp.

***Populaspora* sp**

La colonia en la semilla al inicio presentó micelio blanco, fino como telaraña, posteriormente se volvió de color café a causa de la formación de microesclerocios (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 42).

Los microesclerocios son grupos compactos irregulares de células, formados por el enroscamiento de las ramificaciones laterales cortas de las hifas, cuyas células proliferan y se agrandan. Los microesclerocios fueron de color anaranjado claro, rojo o café, son casi esféricos u ovalados (Warham *et al.*, 1998; Zillinsky, 1984) (Figura 43).



Figura 42. Colonia de *Populaspora* spp en semilla.

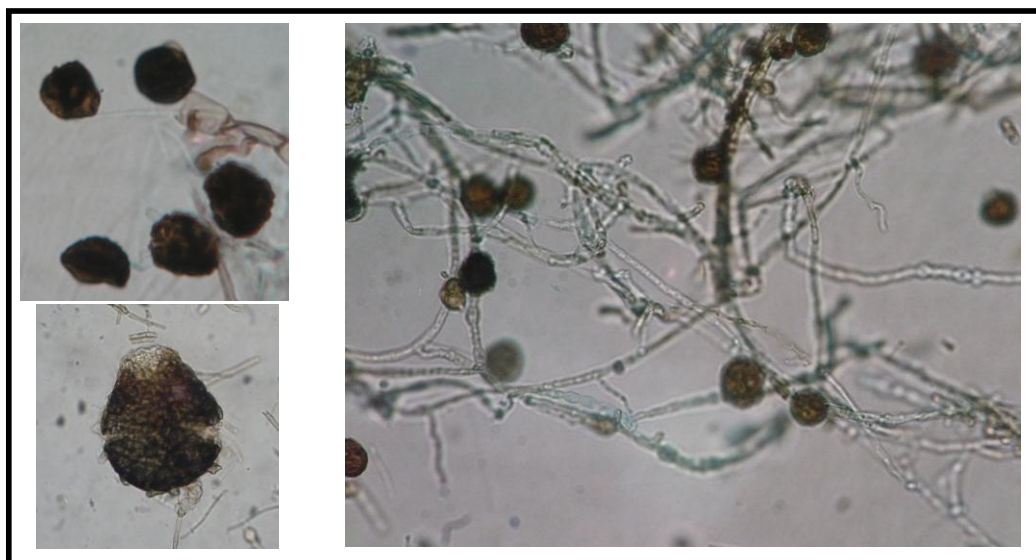


Figura 43. Microesclerocios de *Populaspora* spp.

4.2. Incidencia por sitio

En la incidencia general de hongos por sitio (Cuadro 3), se observa que Terrenate 09, Velasco 09, Coatepec 10 y Francisco I. Madero 10 presentaron mayor incidencia general de hongos y estadísticamente son iguales al presentar la misma agrupación de medias, seguidos de Coatepec 09, Santa Lucía 09, Nanacamilpa 10, Chapingo 10-1F, Nanacamilpa 10, Juchitepec 09 y 10, Santa Lucía 10, Chapingo 09, Cuyoaco 10 y Francisco Villa 10; por último en donde se presentó menor incidencia fue en Terrenate 10 y Chapingo 10-2F.

Cuadro 3. Comparación de medias por sitio de la incidencia general de hongos.

Sitio	Media	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
Terrenate 09	98.7	A
Velasco 09	98.3	A
Coatepec 10	97.9	A
Francisco I. Madero 10	97.9	A
Coatepec 09	96.2	AB
Santa Lucía 09	94.5	ABC
Nanacamilpa 10	91.6	ABCD
Chapingo 10-1F	90.8	ABCD
Nanacamilpa 09	88.7	ABCD
Juchitepec 09	86.6	ABCD
Juchitepec 10	85.8	ABCD
Santa Lucía 10	83.7	BCD
Chapingo 09	82.0	CD
Cuyoaco 10	79.1	DE
Francisco Villa 10	68.3	EF
Terrenate 10	63.7	F
Chapingo 10-2F	56.2	F

En relación a la incidencia de hongos patógenos, en el Cuadro 4 se observa que en Francisco I. Madero 10 se tuvo mayor incidencia; luego se ubicaron Juchitepec 10 y

Chapingo 09, seguidos de Cuyoaco 10, Chapingo 10-1F, Nancamilpa 10, Coatepec 10, Santa Lucía 09 y 10, Coatepec 09, Terrenate 09 y Juchitepec 09 que estadísticamente son iguales, ya que presentan la misma letra de agrupación de medias de Tukey; después se encuentran Francisco Villa 10, Velasco 09, Chapingo 10-2F y por último, en Terrenate 10 no se presentaron hongos patógenos.

Cuadro 4. Comparación de medias por sitio de la incidencia de hongos patógenos

Sitio	Media	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
Francisco I. Madero 10	27.0	A
Juchitepec 10	16.2	B
Chapingo 09	14.5	BC
Cuyoaco 10	14.1	BCD
Chapingo 10-1F	11.6	BCDE
Nanacamilpa 10	11.2	BCDE
Coatepec 10	10.4	BCDE
Santa Lucía 09	9.5	BCDEF
Santa Lucía 10	8.7	BCDEF
Coatepec 09	7.9	BCDEF
Terrenate 09	6.2	BCDEF
Juchitepec 09	4.5	CDEF
Francisco Villa 10	4.1	DEF
Velasco 09	3.7	EF
Chapingo 10-2F	2.0	EF
Nanacamilpa 09	2.0	EF
Terrenate 10	0.0	F

En lo que se refiere a la incidencia de hongos saprófitos, en el Cuadro 5 se puede ver que en Velasco 09 y Terrenate 09 se presentó mayor incidencia; Coatepec 09 y 10, Nanacamilpa 09, Santa Lucía 09, Juchitepec 09, Nanacamilpa 10 y Chapingo 10-1F no hubo diferencias significativas, ya que se encuentran agrupadas en la misma letra; posteriormente se encuentra Santa Lucía 10, Francisco I. Madero 10, Juchitepec 10,

Chapingo 09, Cuyoaco 10, Francisco Villa 10 y Terrenate 10; en Chapingo 10-2F se presentó menor incidencia general de hongos saprófitos.

Cuadro 5. Comparación de medias por sitio de la incidencia de hongos saprófitos.

Sitio	Media	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
Velasco 09	94.5	A
Terrenate 09	92.5	A
Coatepec 09	88.3	AB
Coatepec 10	87.5	ABC
Nanacamilpa 09	86.6	ABC
Santa Lucía 09	85.0	ABCD
Juchitepec 09	82.0	ABCDE
Nanacamilpa 10	80.4	ABCDEF
Chapingo 10-1F	79.1	ABCDEF
Santa Lucía 10	75.0	BCDEF
Francisco I. Madero 10	70.8	CDEFG
Juchitepec 10	69.5	DEFG
Chapingo 09	67.5	EFG
Cuyoaco 10	65.0	FG
Francisco Villa 10	64.1	FG
Terrenate 10	63.8	FG
Chapingo 10-2F	54.1	G

4.3. Incidencia por variedad

La incidencia general de hongos por variedad se presenta en el Cuadro 6 en donde se observa que fue más alta en Gálvez M87, seguida de Náhuatl F2000, Romoga F96 y Temporalera M87 que se encuentran agrupadas en la misma letra; después se encuentra Rebeca F2000 y Batán F96 con la menor incidencia.

Cuadro 6. Comparación de medias por variedad de la incidencia general de hongos.

Variedad	Media obtenida	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
Gálvez M87	89.5	A
Náhuatl F2000	87.6	AB
Romoga F96	87.2	AB
Temporalera M87	85.8	AB
Rebeca F2000	82.7	B
Batán F96	82.5	B

La incidencia de hongos patógenos (Cuadro 7), varió de 13 % a 6 %. La variedad que presentó mayor incidencia fue Náhuatl F2000, luego Temporalera M87, Gálvez M87 y Rebeca F2000 que se encuentran agrupadas en la misma letra, lo que significa que no hubo diferencias significativas de incidencia; y por último Romoga F96 y Batán F96 que tuvieron la menor incidencia.

Cuadro 7. Comparación de medias por variedad de la incidencia de hongos patógenos.

Variedad	Media obtenida	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
Náhuatl F2000	12.6	A
Temporalera M87	11.9	AB
Gálvez M87	10.5	ABC
Rebeca F2000	7.5	BCD
Romoga F96	6.3	CD
Batán F96	5.5	D

En relación a la incidencia de saprofitos (Cuadro 8), todas las variedades se encuentran en la misma agrupación de Tukey, lo que significa que no hubo diferencias significativas en relación a la presencia de hongos saprófitos.

Cuadro 8. Comparación de medias por variedad de la incidencia de hongos saprófitos.

Variedad	Media obtenida	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
Romoga F96	80.8	A
Gálvez M87	78.9	A
Batán F96	76.9	A
Rebeca F2000	75.2	A
Náhuatl F2000	75	A
Temporalera M87	73.9	A

4.4. Frecuencia por sitio

La frecuencia de las especies de hongos en cada sitio se muestra en gráficas, en las cuales se pueden observar las especies mediante barras que representan la media en porcentaje; en las mismas se indica el porcentaje en la parte superior, la letra que corresponde a la agrupación de medias de Tukey y un color distinto para cada agrupación. En la lista de especies se presenta micelio hialino, que se refiere a las colonias donde sólo se presentó micelio, sin estructuras para su identificación; estos datos se consideraron dentro de los hongos saprófitos.

4.4.1. Sitios en el ciclo primavera-verano 2009

Santa Lucía, Estado de México

En Santa Lucía el 5.42 % de las semillas no presentaron hongos; del 94 % que presentaron el 10.1 % fueron patógenos y el 89.9 % saprófitos. La especie patógena de mayor frecuencia fue *Fusarium oxysporum* con el 4.87 %; *Helminthosporium sativum*, *Fusarium graminearum* y *H. cynodontis* se encontraron en menor frecuencia sumando en total 5.23 %. La especie de hongos saprófitos con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con un 77.1 %; otros hongos saprófitos que se encontraron en este sitio fueron *Verticillium* sp, *Phoma* sp, *Torula* sp, *Epicoccum* sp, *Bipolaris*, *Cephalosporium* sp, *Stemphylium*, *Aspergillus niger*, *Heterosporina* y micelio hialino, que en conjunto sumaron 12.8 % (Figura 44).

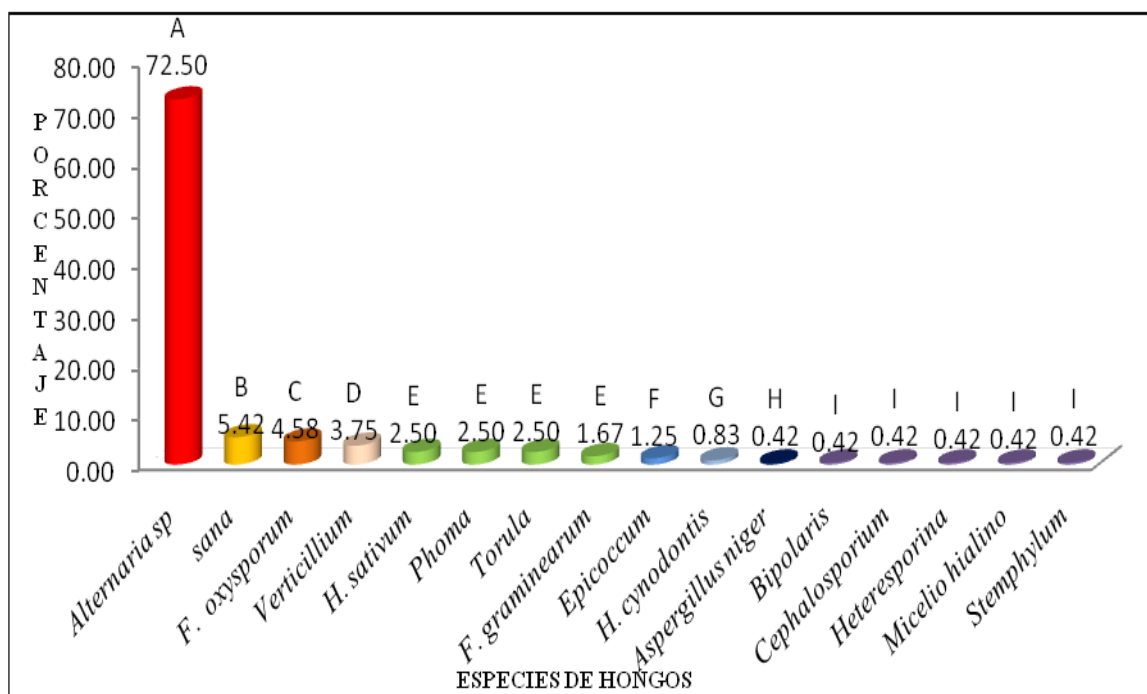


Figura 44. Frecuencia de hongos en Santa Lucía, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

Coatepec, Estado de México

En Coatepec el 3.7 % de las semillas estuvieron sanas, del 96.3 % de las semillas que presentaron hongos el 9.34 % fueron patógenos y el 90.66 % saprófitos. Las especies patógenas con mayor frecuencia fueron *Helminthosporium sativum* y *Fusarium oxysporum*, los cuales sumaron el 5.19 %; otros hongos patógenos con menor frecuencia que se presentaron fueron *F. poae*, *F. moniliforme*, *F. graminearum* y *H. cynodontis*. *Alternaria* sp fue el hongo saprófito con mayor frecuencia 68.7 %; hongos con micelio hialino y *Acremoniella* sp sumaron el 14.5 %, y en menor frecuencia se encontraron *Epicoccum* sp, *Torula* sp, *Phoma* sp, *Penicillium* sp y *Vericillium* sp (Figura 45).

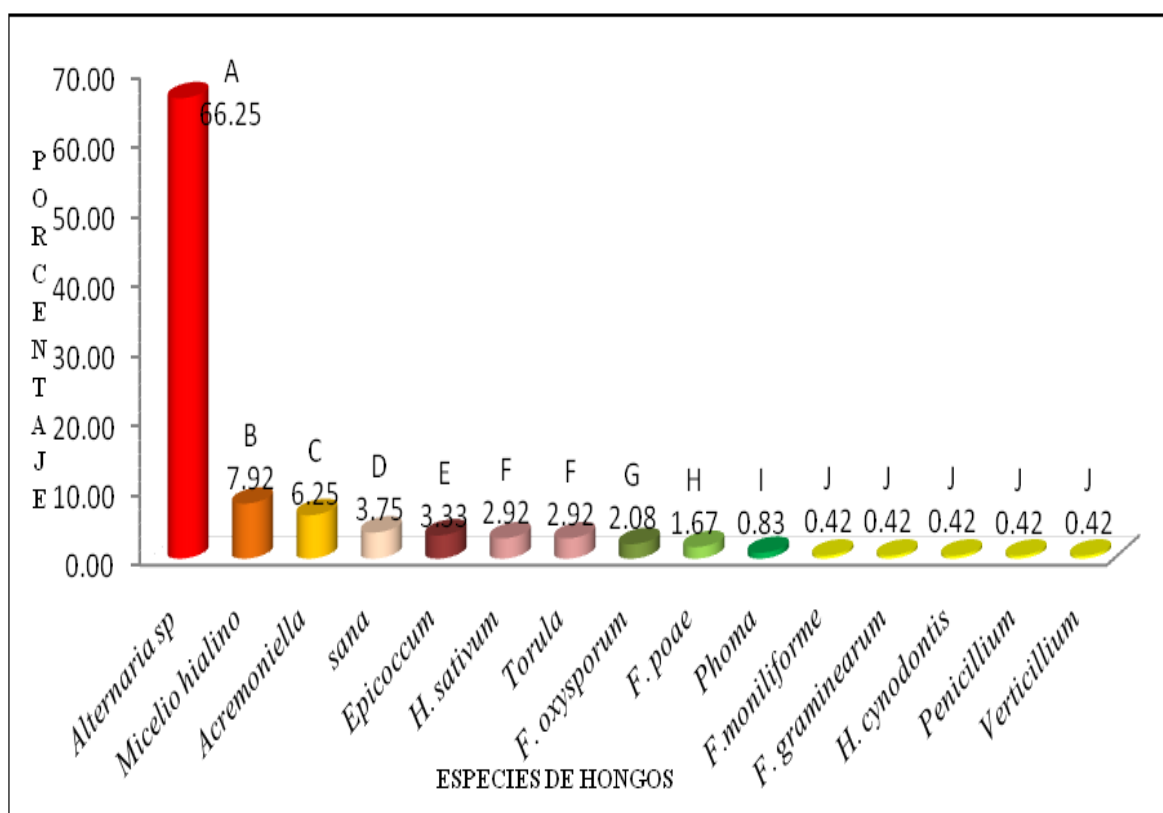


Figura 45. Frecuencia de hongos en Coatepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

Chapingo, Estado de México

En Chapingo se tuvo una frecuencia de semillas con hongos del 82 %, de éstas el 18.3 % fueron hongos patógenos y el 81.7 % saprófitos. De los hongos patógenos, *Helminthosporium sativum* fue el más frecuente con 12.2 %, *Fusarium moniliforme*, *F.graminearum* y *F. poae* suman el 6.1 %. De las especies saprófitas *Acremoniella* sp fue la más frecuente con un 62.4 %, en segundo lugar se encontró *Epicoccum* sp con un 11.1 % y el otro 8.2 % lo conformaron *Phoma* sp, *Botrytis*, *Torula* sp y hongos con micelio hialino (Figura 46).

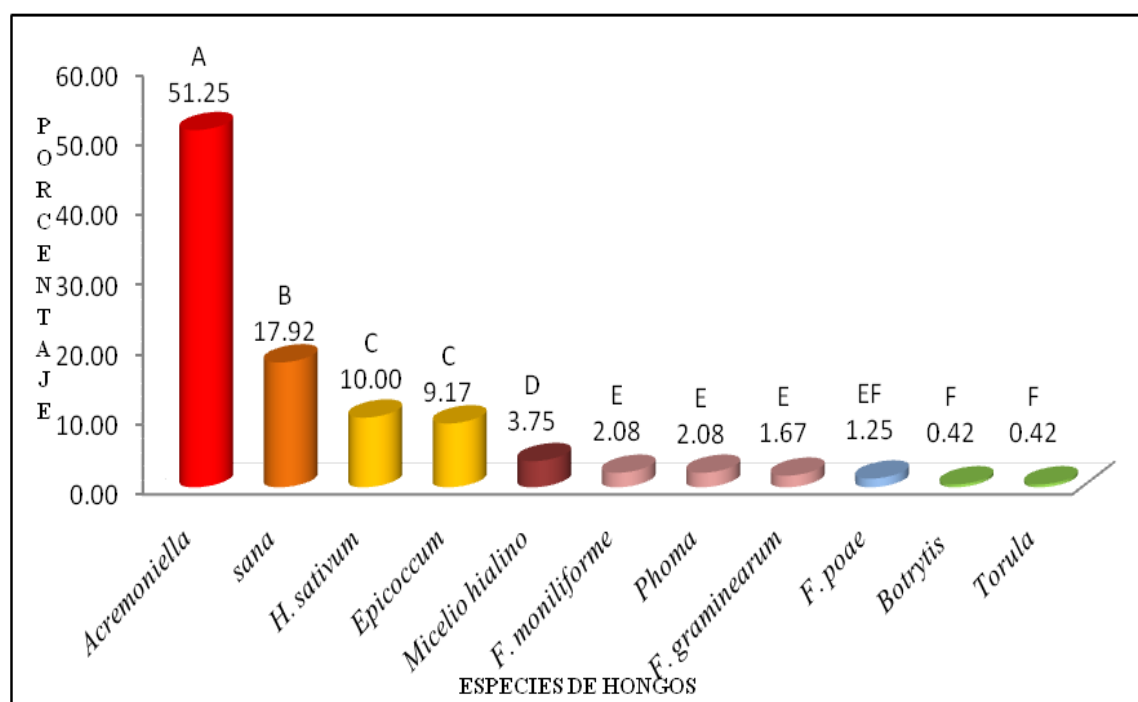


Figura 46. Frecuencia de hongos en Chapingo, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

Juchitepec, Estado de México

En Juchitepec hubo el 13.3 % de semilla sana y el 86.7 % de semilla con hongos, de éstos el 5.2 % fueron patógenos y 94.8 % saprófitos. Los hongos patógenos presentes fueron, en orden de frecuencia, *Helminthosporium sativum*, *Fusarium graminearum*, *Curvularia*, *F. culmorum*, *F. moniliforme* y *F. poae*. De los hongos saprófitos *Alternaria* sp fue la especie que presentó mayor frecuencia con un 61.5 %, seguida de hongos de micelio hialino con 9.6 %, después *Epicoccum* sp con 8 % y *Stemphyllum* sp con 7.6 %; otros hongos saprófitos que se presentaron fueron *Phoma* sp, *Arthrimum* sp y *Aspergillus flavus*, que juntos sumaron el otro 8 % (Figura 47).

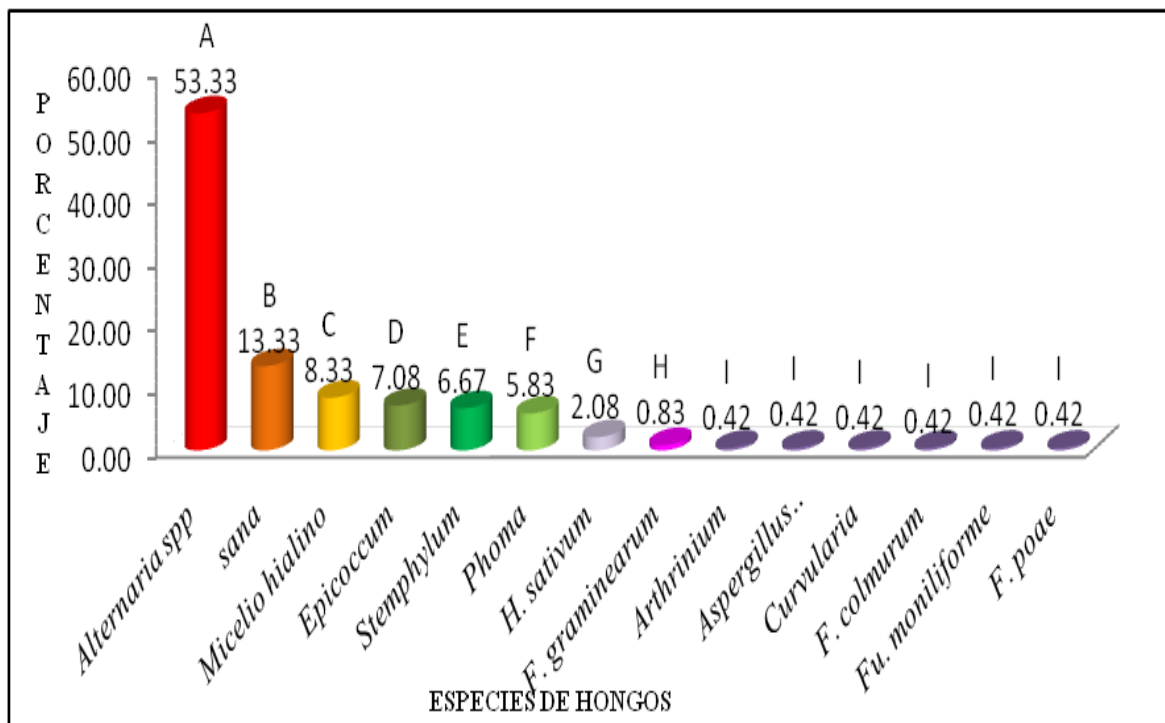


Figura 47. Frecuencia de hongos en Juchitepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

Terrenate, Tlaxcala

En Terrenate se encontró que el 98.8 % de las semillas presentaron hongos, de los cuales el 6.27 % fueron patógenos y el 93.73 % saprófitos. Los hongos patógenos que se encontraron fueron *Fusarium oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. poae*, *F. graminearum* y *F. equiseti*. De los hongos saprófitos *Acremoniella* sp, *Phoma* sp y *Stemphyllum* suman 84.6 %; otros hongos saprófitos que se identificaron fueron *Epicoccum* sp, *Blastomyces* sp, *Cephalosporium* sp, *Torula* sp, *Verticillium* sp. y hongos con micelio hialino que juntos suman 9.1 % (Figura 48).

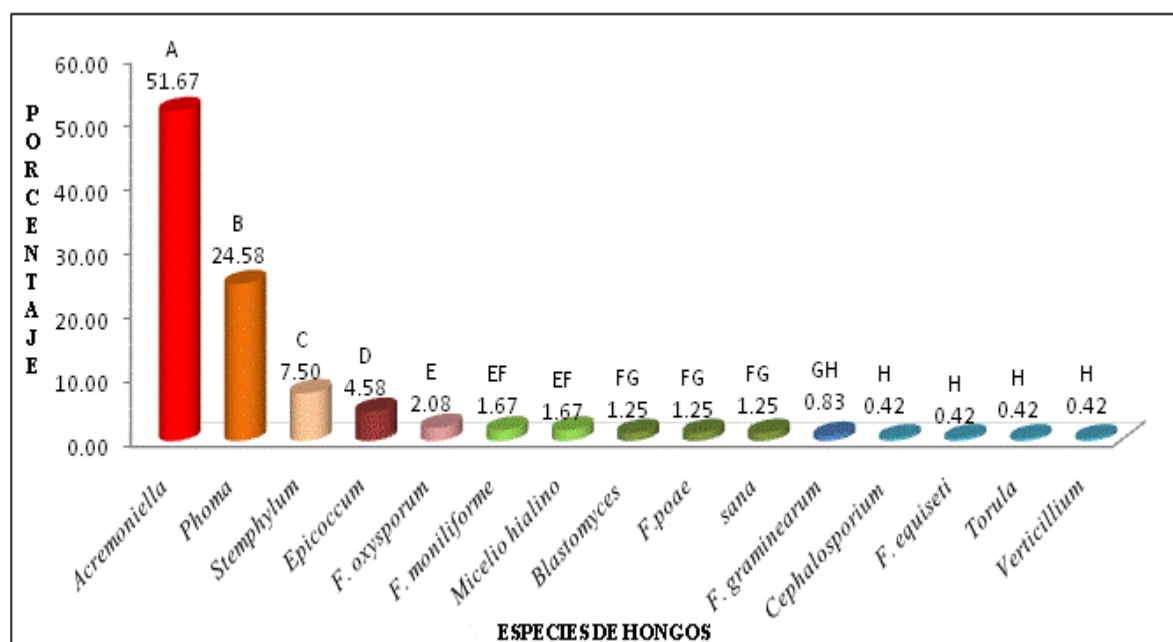


Figura 48. Frecuencia de hongos en Terrenate, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

Nanacamilpa, Tlaxcala

En Nanacamilpa se tuvo una incidencia de hongos del 88.8 %, de los cuales únicamente el 2.3 % fueron patógenos y el 97.7 % fueron saprófitos. Los patógenos que se presentaron fueron *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum* y *F. poae*. De los hongos saprófitos, el que se presentó con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con un 46.4 %, luego los hongos con micelio hialino con un 30 %, posteriormente *Epicoccum* sp con 18.7 % y por último *Phoma* sp que presentó la menor frecuencia (Figura 49).

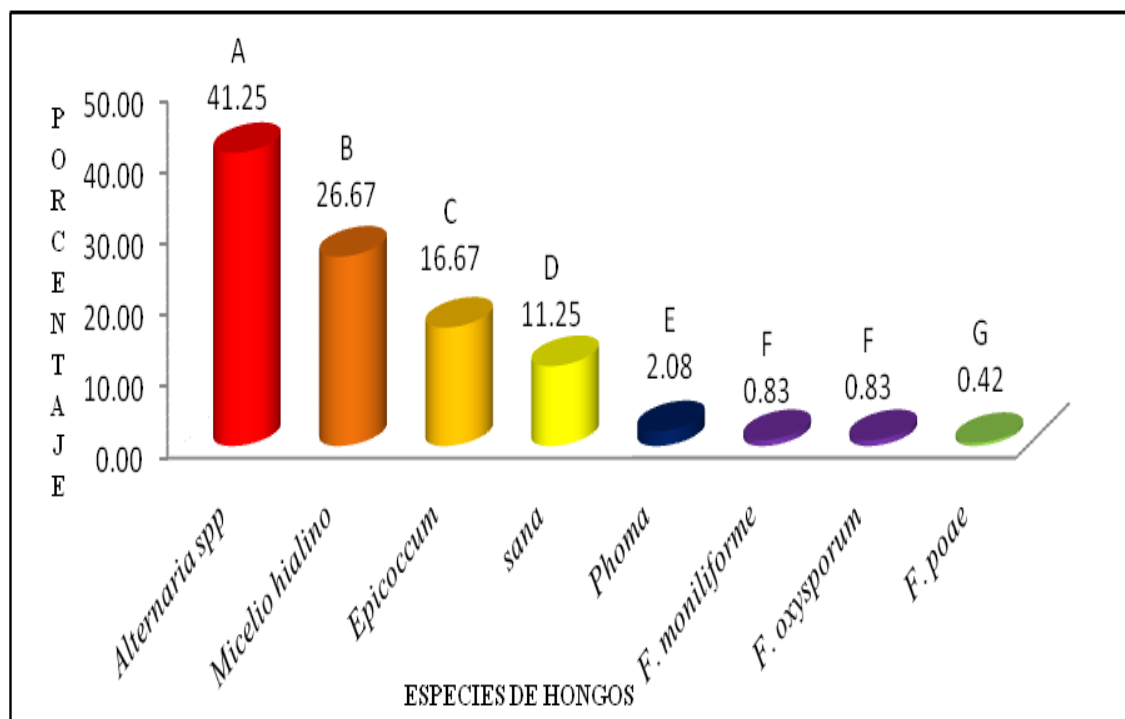


Figura 49. Frecuencia de hongos en Nanacamilpa, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

Velasco, Tlaxcala

En Velasco se tuvo una presencia de hongos del 98.8 %, sólo el 1.2 % de las semillas no presentaron hongos. De los hongos que se presentaron el 3.7 % fueron patógenos y el 96.3 % saprófitos. Los patógenos que se presentaron fueron *Helminthosporium sativum*, *Curvularia*, *Fusarium culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme* y *F. nivale*. Las especies de hongos saprófitos con mayor frecuencia fueron *Alternaria* sp con el 59 %, después *Epicoccum* sp con 25.7 % y los hongos con micelio hialino con un 6.7 %. Otras especies de hongos saprófitos que se presentaron fueron *Phoma* sp, *Stemphylium* y *Chaetomium* sp que juntos sumaron el otro 5 % (Figura 50).

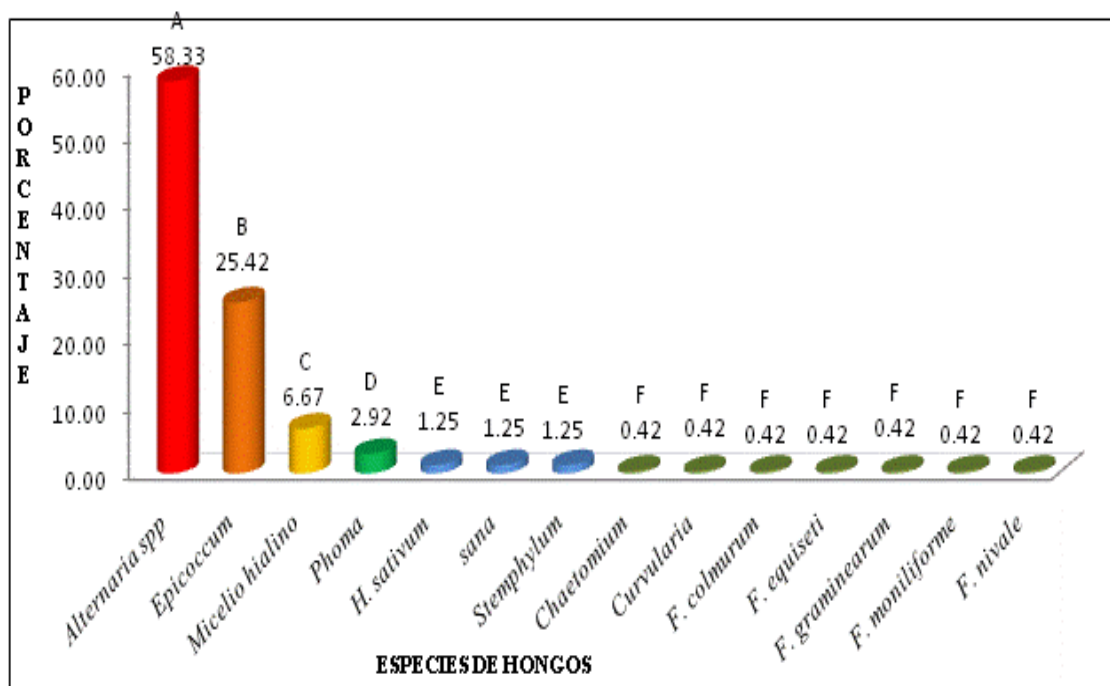


Figura 50. Frecuencia de hongos en Velasco, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

Cuyoaco, Puebla

En Cuyoaco se encontró que el 18.3 % de las semillas no presentaron hongos; del 81.7 % de semillas con hongos, el 20.8 % fueron patógenos y el 79.2 % saprófitos. La especie patógena con mayor frecuencia fue *Fusarium graminearum* con el 10.15 %, después se encontró *F. avenaceum* con el 2.44 %; otras especies de hongos patógenos que se identificaron fueron *F. nivale*, *Helminthosporium sativum*, *F. equiseti*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum* y *F. culmorum*, que juntas representan el 8.2 %. *Alternaria* sp fue la especie saprófita más frecuente con el 41.2 %, después *Epicoccum* sp y hongos con micelio hialino con el 15.3 % cada uno; el otro 7.3 % de hongos saprófitos lo representan *Stemphyllum* sp, *Aspergillus flavus*, *Phoma* sp, y *Torula* sp. Figura 51.

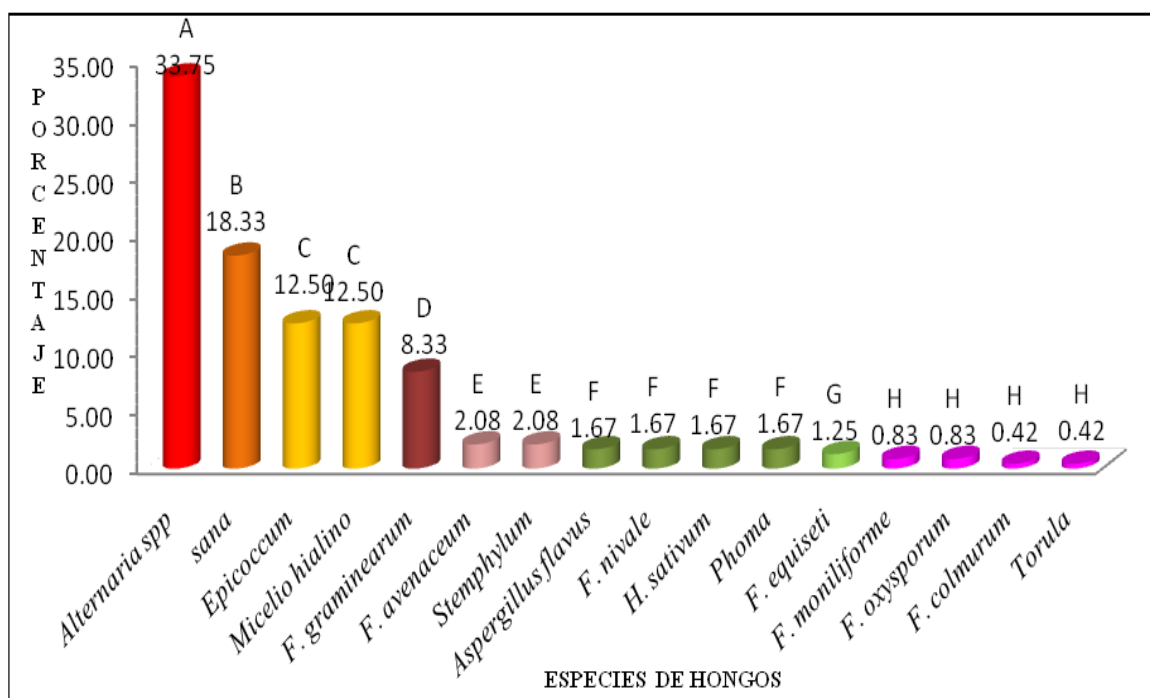


Figura 51. Frecuencia de hongos en Cuyoaco, Puebla, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2009.

4.4.2. Sitios en el ciclo primavera-verano 2010

Santa Lucía, Estado de México

En Santa Lucía el 15.8 % de las semillas no presentaron hongos y del 84.2 % de los hongos presentes el 10.3 % fueron patógenos y el 89.7 % saprófitos. La especie de hongos patógenos con mayor frecuencia fue *Fusarium oxysporum* con 7.4 %, seguida de *F. moniliforme* con el 1.9 % y por último *Helmintosporium sativum* con 1 %. De las especies de hongos saprófitos la que se presentó con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con un 50 %, seguida de *Epicoccum* sp con 14.2 %, luego *Aspergillus flavus* con el 12.4 %, posteriormente los hongos con micelio hialino con un 7.5 % y otros hongos saprófitos que se presentaron con menor frecuencia fueron *Phoma* sp y *Torula* sp que juntos representaron el 4 % (Figura 52).

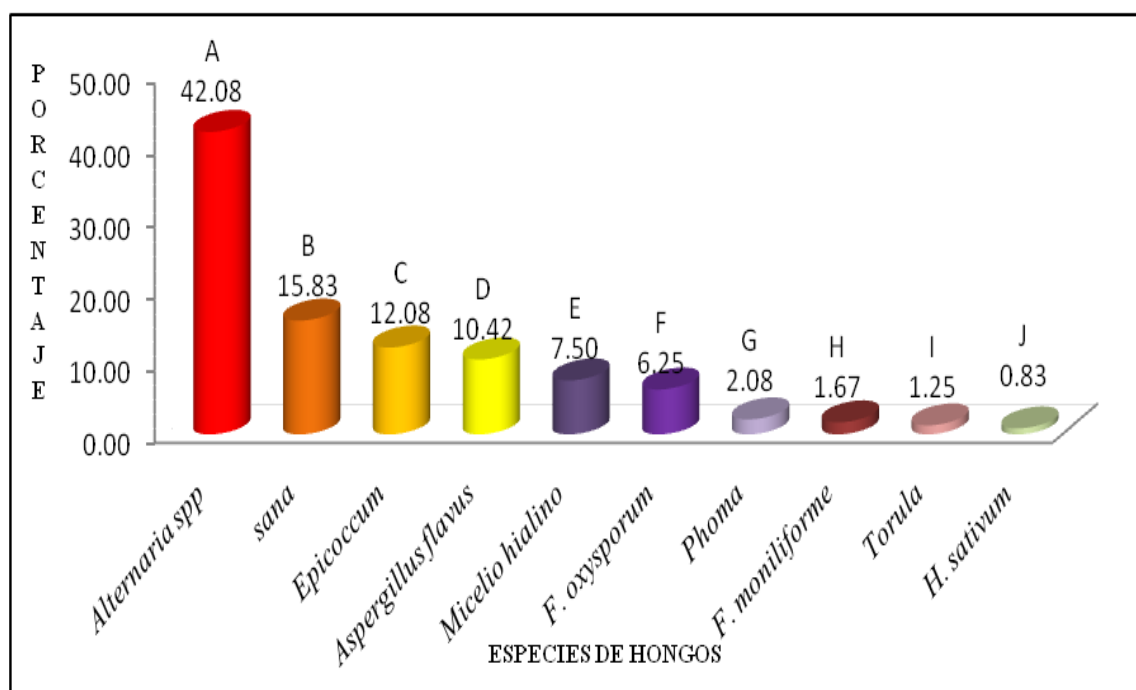


Figura 52. Frecuencia de hongos en Santa Lucía, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Coatepec, Estado de México

En Coatepec únicamente el 2 % de las semillas no presentaron hongos y del 98 % que presentaron, el 10.5 % fueron especies patógenas y el 89.5 % saprófitas. La especie de hongos patógenos con mayor frecuencia fue *Fusarium moniliforme* con el 5.9 %, después *Helminthosporium sativum* con el 2.6 %, posteriormente *Fusarium oxysporum* con 1.2 % y por último *F. graminearum* con únicamente 0.8 %. De las especies de hongos saprófitos *Alternaria* sp tuvo mayor frecuencia con el 42.4 %, seguida de *Epicoccum* sp con el 16.1 %, después *Aspergillus flavus* y *Phoma* sp con 10.6 % cada una; en este sitio los hongos con micelio hialino se presentaron en un 5.9 %. Otros hongos saprófitos que se presentaron fueron *Stemphylium* y *Torula* que juntos sumaron el 3.4 % (Figura 53).

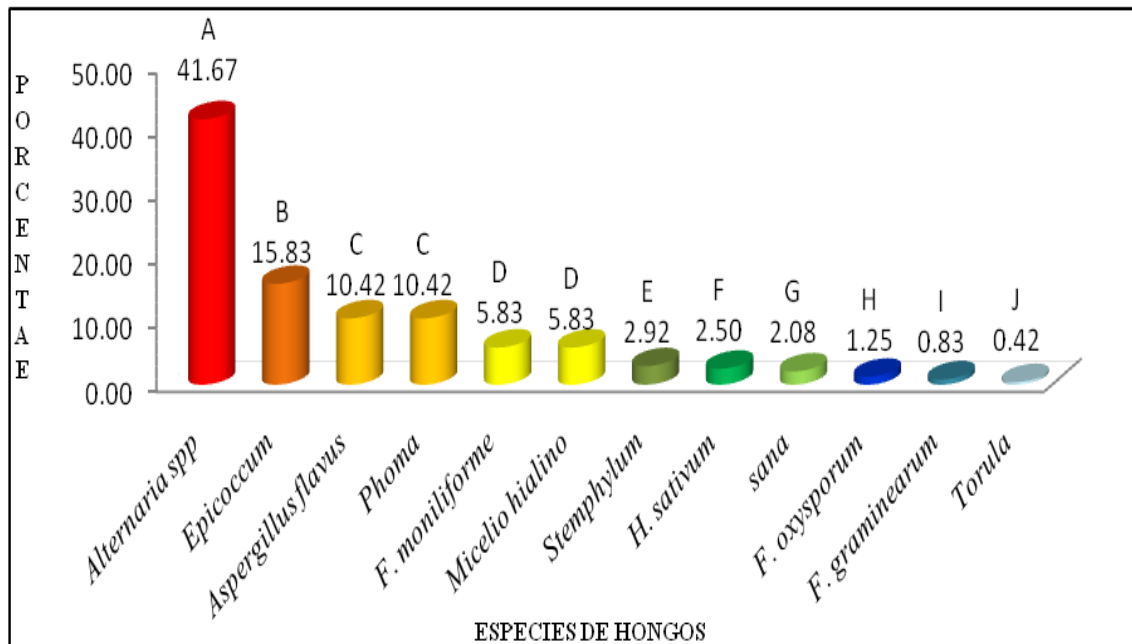


Figura 53. Frecuencia de hongos en Coatepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Chapingo, Estado de México 1ª fecha

En Chapingo, en la primera fecha de siembra se presentaron 9.1 % de semillas sin hongos y el 90.9 % con alguna especie de hongo, de éstas el 12.8 % tuvieron hongos patógenos y el 87.2 % hongos saprófitos. La especie de hongos patógenos que se presentó con mayor frecuencia fue *Fusarium moniliforme* con el 5.5 %, después *F. graminearum* con el 2.8 %, seguido de *F. oxysporum* y *Helminthosporium sativum* con el 1.8 % cada uno, por último *Fusarium poae* tuvo menor frecuencia con 0.9 %. *Alternaria* sp fue la especie de hongo saprófito con mayor frecuencia con un 42.8 %, *Epicoccum* sp se presentó en un 20.1 %, *Aspergillus flavus* en 18.3 % y las especies con micelio hialino en un 3.2 %. *Torula* sp, *Phoma* sp y *Stemphyllum* sp sumaron 2.8 % (Figura 54).

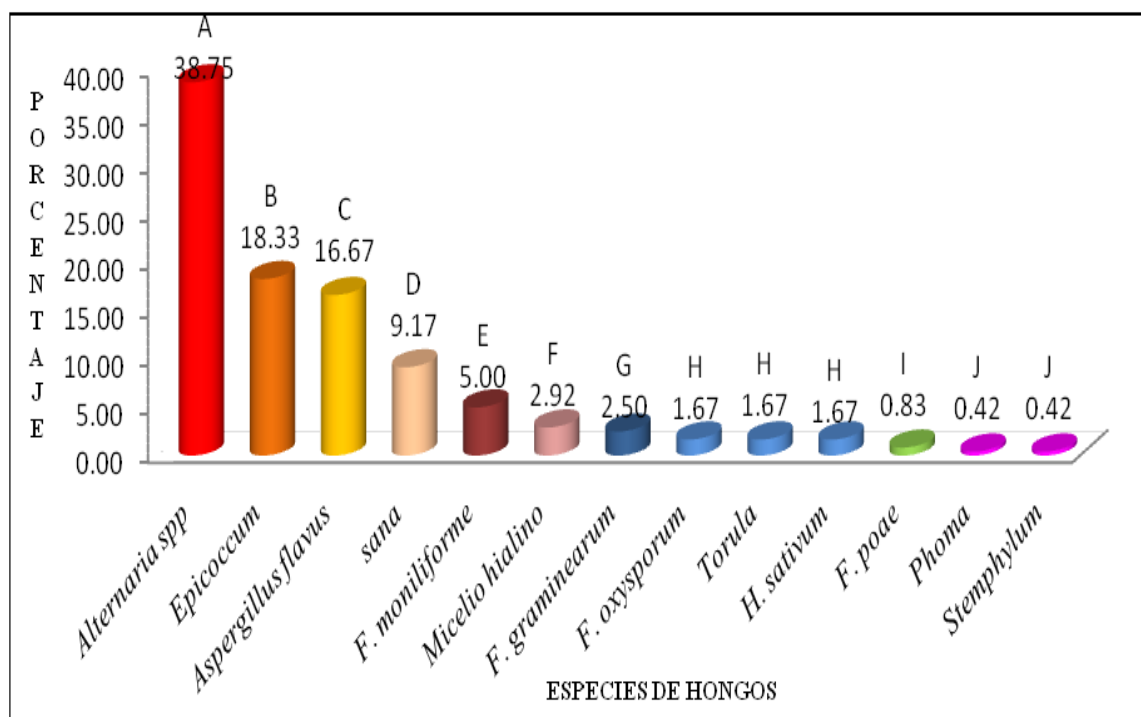


Figura 54. Frecuencia de hongos en Chapingo, Estado de México en la primera fecha de siembra, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Chapingo, Estado de México 2ª fecha

En Chapingo, en la segunda fecha de siembra se tuvo 43.7 % de semillas sanas. Del 52.3 % de semillas que presentaron hongos, únicamente el 3.8 % fueron patógenos y el resto 96.2 % saprófitos. Las especies de hongos patógenos fueron *Fusarium moniliforme*, *F. graminearum*, *F. poae* y *Helminthosporium sativum*. De las especies de hongos saprófitos la especie que tuvo mayor frecuencia fue *Cephalosporium* sp con 75.5 %, después *Aspergillus flavus* con el 9.6 % y *Alternaria* sp con el 7.8 %. Otras especies de hongos saprófitos que se presentaron fueron *Penicillium* sp, *Stemphylium*, *Verticillium* y *Epicoccum* sp (Figura 55).

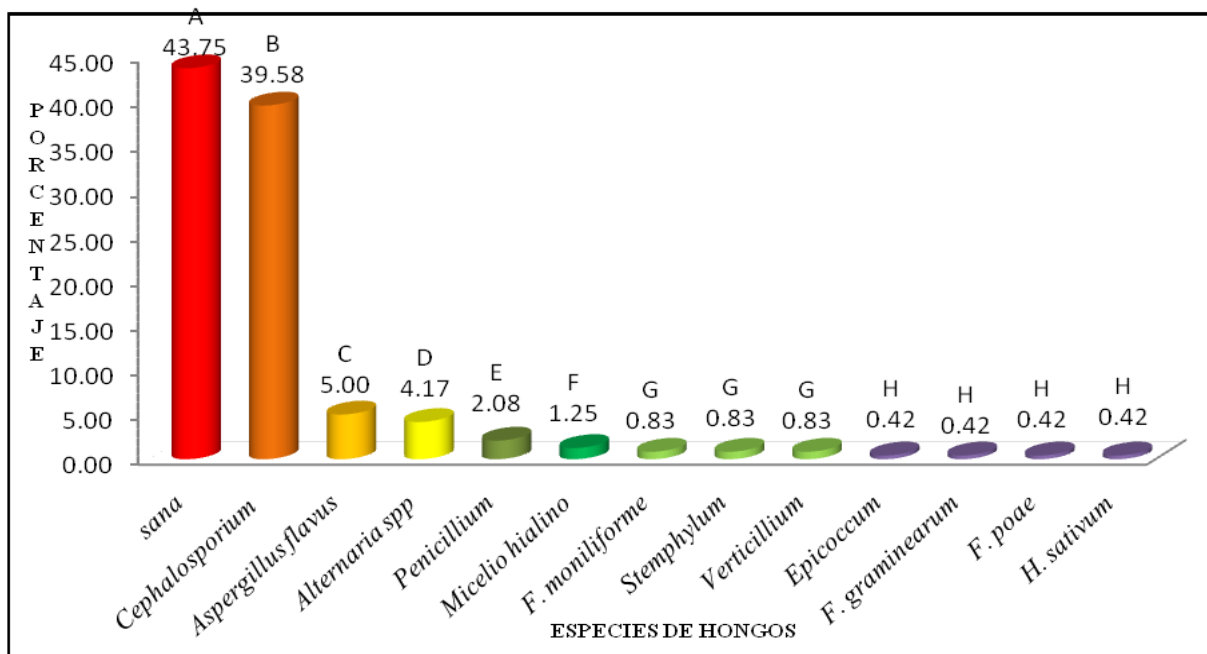


Figura 55. Frecuencia de hongos en Chapingo, Estado de México en la segunda fecha de siembra, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Juchitepec, Estado de México

En Juchitepec se observó que el 14.5 % de las semillas no presentaron hongos, del 85.5 % que tuvieron hongos el 18 % fueron patógenos y el 82 % saprófitos. Las especies de hongos patógenos con mayor frecuencia fueron *Fusarium graminearum* con 8.8 % y *F. poae* con 5.4 %, después *F. moniliforme* con el 3.5 % y *F. oxysporum* con el 1 %, finalmente *Curvularia* sp con 0.5 %. Las especies de hongos saprófitos con mayor frecuencia fueron *Alternaria* sp con el 33.4 % y hongos con micelio hialino con el 24.3 %; después *Epicoccum* sp con 10.6 %; otras especies de hongos saprófitos que se presentaron fueron *Aspergillus flavus*, *Phoma* sp, *Cephalosporium* sp, *Papulospora* sp y *Stemphylium* sp (Figura 56).

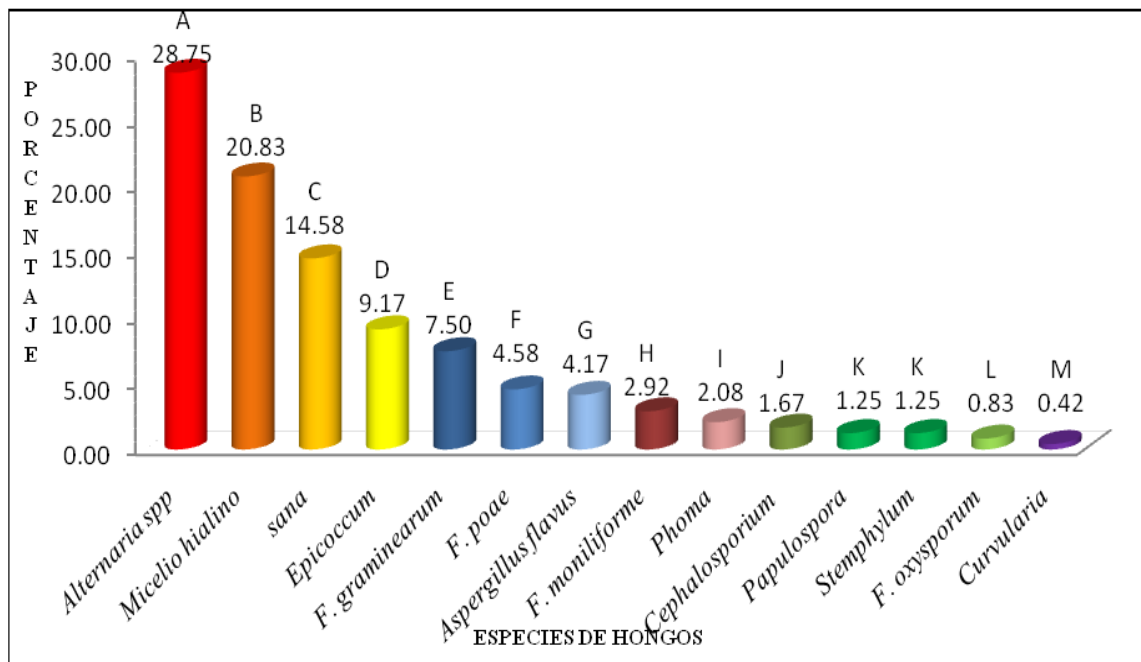


Figura 56. Frecuencia de hongos en Juchitepec, Estado de México, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Nanacamilpa, Tlaxcala

En Nanacamilpa se observó que alrededor del 8 % de las semillas no tuvieron hongos, del 92 % que presentaron hongos el 12.2 % fueron hongos patógenos y el 87.8 % saprófitos. La especie de hongo patógeno con mayor frecuencia fue *Fusarium graminearum* con 8.2 % y *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. equiseti* y *F. poae* suman 4 %. Las especies de hongos saprófitos con mayor frecuencia fueron *Epicoccum* sp con 38.9 % y *Alternaria* sp con 37.5 %; después *Cephalosporium* sp con el 4.5 %. *Aspergillus flavus* y hongos con micelio hialino presentaron una frecuencia de 2.2 % cada uno, por último las especies que se presentaron con menor frecuencia fueron *Stemphyllum* y *Verticillium* (Figura 57).

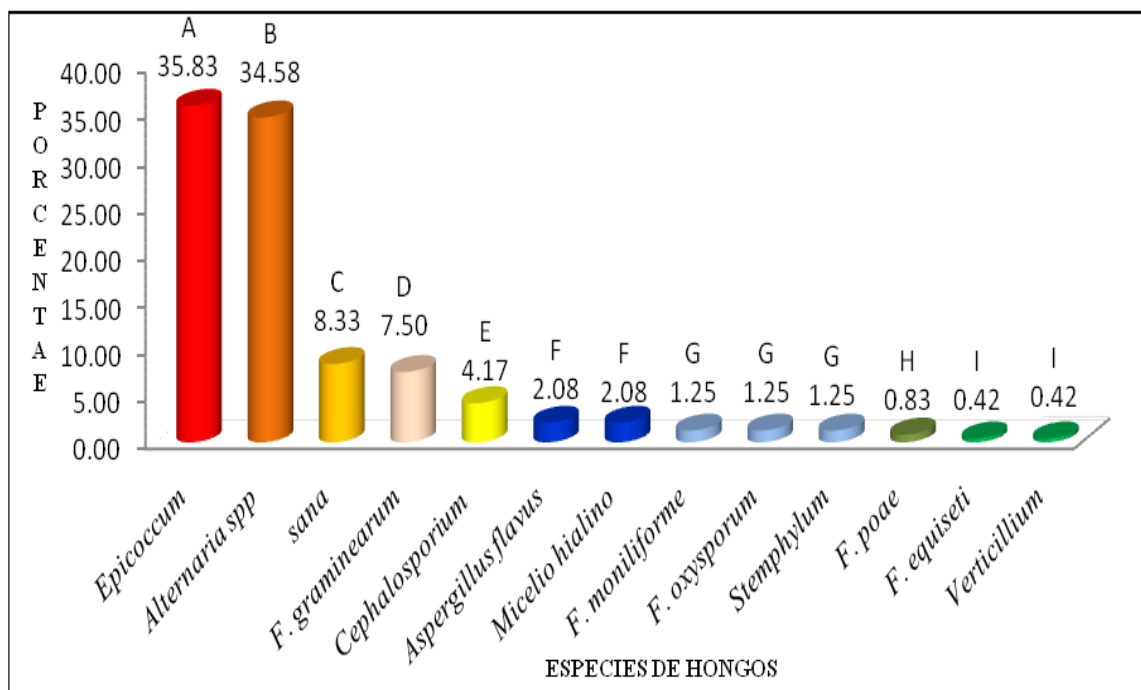


Figura 57. Frecuencia de hongos en Nanacamilpa, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Francisco I. Madero, Tlaxcala

En Francisco I. Madero sólo el 2 % de las semillas no presentaron hongos; del 98 % que si tuvieron hongos, el 28.6 % fueron patógenos y el 71.4 % saprófitos. La especie de hongo patógeno que se presentó con mayor frecuencia fue *Fusarium graminearum* con 15.7 %, después *F. poae* con 7.1 % y *F. nivale* con 4.2 %; algunas semillas presentaron *F. graminearum* y *F. nivale* que representaron el 0.84 %; por último *Helminthosporium sativum* con 0.4 % fue la especie con menos frecuencia (Figura 58).

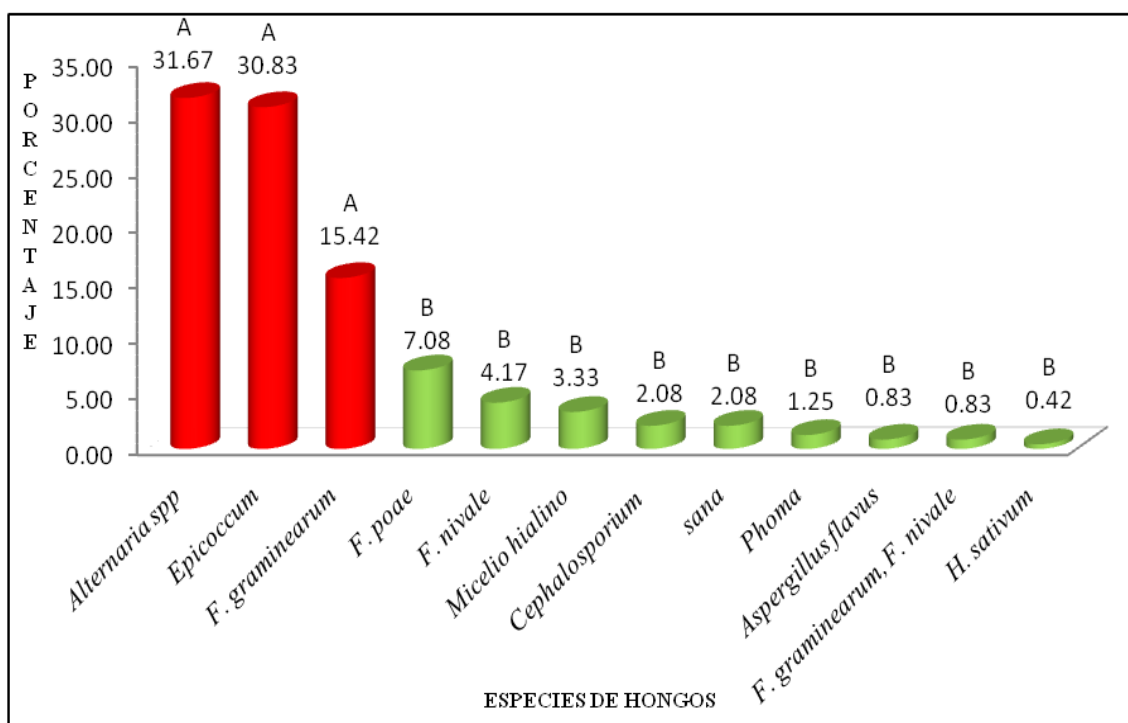


Figura 58. Frecuencia de hongos en Francisco I. Madero, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Francisco Villa, Tlaxcala

En Francisco Villa el 31.6 % de las semillas no presentaron hongos; del 68.4 % que tuvieron hongos el 5.8 % fueron especies de hongos patógenas y el 94.2 % saprófitos. Las especies de hongos patógenos que se presentaron en este sitio fueron *Fusarium graminearum*, *F. moniliforme* y *Helminthosporium sativum*; algunas semillas presentaron *F. graminearum* y *F. nivale* que representaron el 1.2 %. Las especies de hongos saprófitos con mayor frecuencia fueron *Alternaria* sp con 24.9 % y *Cephalosporium* sp con el 13.9 %, después *Aspergillus flavus* con 9 % y hongos con micelio hialino con 4.8 %; por último la especie de hongo saprófito que se presentó en menor frecuencia fue *Penicillium* sp (Figura 59).

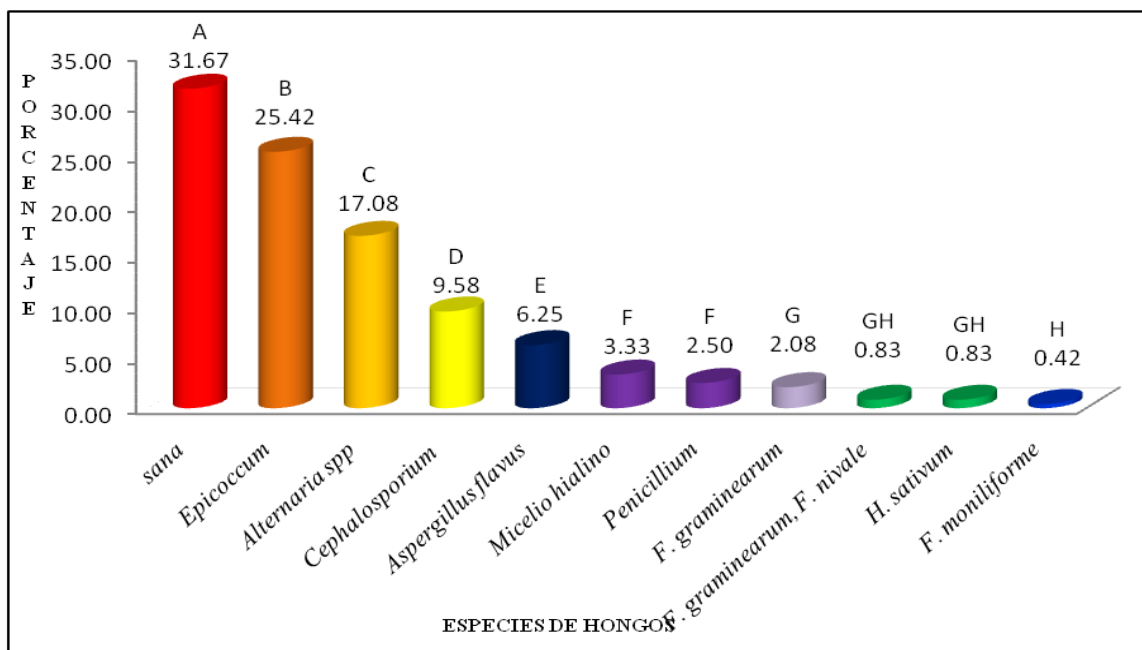


Figura 59. Frecuencia de hongos en Francisco Villa, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/2010.

Terrenate, Tlaxcala

En Terrenate el 36.2 % de las semillas probadas no presentaron hongos y del 63.8 % de los hongos que se presentaron todos fueron saprófitos. La especie de hongo con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con el 49.5 %, después los hongos con micelio hialino con 20.8 % y *Cephalosporium* con 15 %; otras especies de hongos saprófitos fueron *Epicoccum* sp, *Aspergillus flavus*, *Phoma* sp y *Penicillium* sp que representaron 14.4 % (Figura 60).

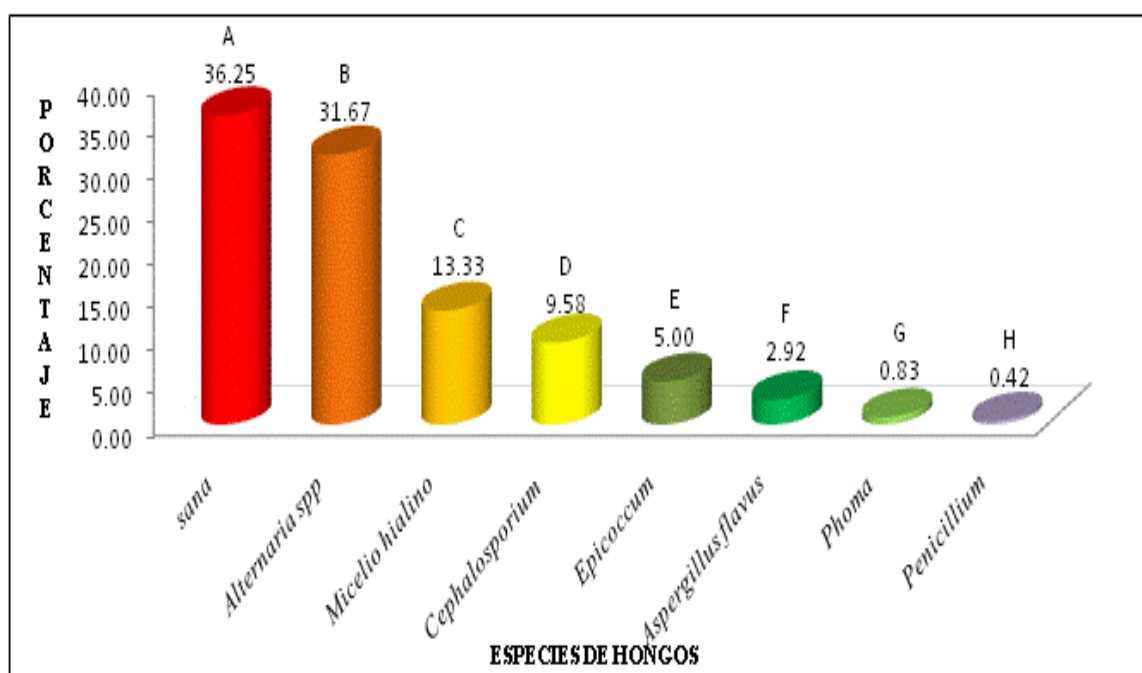


Figura 60. Frecuencia de hongos en Terrenate, Tlaxcala, encontrados en seis variedades de trigo en el ciclo P-V/ 2010.

En el ciclo P/V 2009, se identificaron 11 especies de hongos patógenos y en el ciclo P/V 2010 ocho especies, mismas que se pueden observar en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Especies de hongos identificados durante los ciclos P-V 2009 y 2010 en trigo de temporal en 17 sitios.

Nº	Especie	Patógeno o saprófito	Ciclo P/V	Localidad
1	<i>Curvularia</i> sp	Patógeno	2009-2010	Juchitepec y Velasco
2	<i>Fusarium avenaceum</i>	Patógeno	2009	Cuyoaco
3	<i>Fusarium culmorum</i>	Patógeno	2009	Cuyoaco, Juchitepec y Velasco
4	<i>Fusarium equiseti</i>	Patógeno	2009-2010	Terrenate, Cuyoaco, Nanacamilpa y Velasco
5	<i>Fusarium graminearum</i>	Patógeno	2009-2010	Sta. Lucía, Coatepec, Terrenate, Cuyoaco, Chapingo, Juchitepec, Nanacamilpa, Velasco, Fco. I. Madero y Fco. Villa
6	<i>Fusarium moniliforme</i>	Patógeno	2009-2010	Sta. Lucía, Coatepec, Terrenate, Cuyoaco, Chapingo, Juchitepec, Nanacamilpa, Velasco y Fco. Villa
7	<i>Fusarium nivale</i>	Patógeno	2009-2010	Cuyoaco, Velasco, Fco. I. Madero y Fco. Villa
8	<i>Fusarium oxysporum</i>	Patógeno	2009-2010	Sta. Lucía, Coatepec, Terrenate, Cuyoaco, Chapingo, Juchitepec y Nanacamilpa
9	<i>Fusarium poae</i>	Patógeno	2009-2010	Coatepec, Terrenate, Chapingo, Juchitepec, Nanacamilpa y Fco. I. Madero
10	<i>H. cynodontis</i>	Patógeno	2009	Sta. Lucía y Coatepec,
11	<i>H. sativum</i>	Patógeno	2009-2010	Sta. Lucía, Coatepec, Cuyoaco, Chapingo, Juchitepec, Velasco, Fco. I. Madero y Fco. Villa

4.5. Frecuencia por variedad

4.5.1. Frecuencia por variedad en el ciclo agrícola P-V/ 2009

Rebeca F2000

En esta variedad se tuvo el 15.3 % de semillas sanas. Del 84.7 % que presentaron hongos el 5.9 % fueron de especies patógenas y el 94.1 % saprófitos. Las especies de hongos patógenos fueron *Helminthosporium sativum*, *Fusarium oxysporum* y *F. graminearum*. Se presentaron 12 especies de hongos saprófitos, de los cuales *Alternaria* sp tuvo 62.6 % de frecuencia, luego *Epicoccum* sp y *Phoma* sp con 10.7 % y 8.1 % respectivamente, las especies con menos frecuencia fueron *Acremoniella* sp, *Arthrinium* sp, *Cladosporium* sp, y *Chaetonomium* sp, con 0.4 % cada uno (Figura 61).

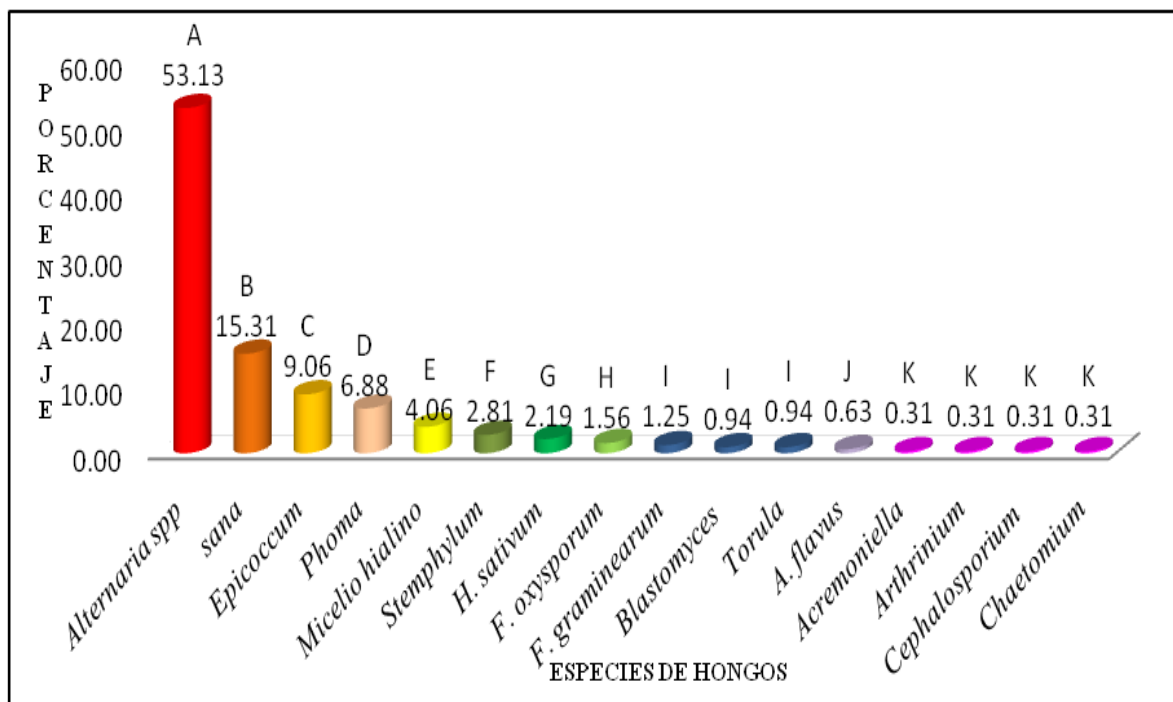


Figura 61. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Rebeca F2000** en 8 sitios de temporal del ciclo P-V/ 2009.

Náhuatl F2000

En la variedad Náhuatl F2000 y en este ciclo agrícola se presentaron con hongos el 85.7 % de las semillas analizadas, de los cuales el 10.5 % fueron especies patógenas y el 89.5 % saprófitas. En total se presentaron 19 especies de hongos, ocho patógenas y 11 saprófitas. De los hongos patógenos la especie que tuvo la mayor frecuencia fue *Fusarium graminearum* con 3.6 %, luego *Helminthosporium sativum* con 1.8 % y *Fusarium poae* 1.4 %; las especies *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. nivale*, *H. cynodontis*, y *F. moniliforme* suman 3.7 %. La especie del hongo saprófito que tuvo la mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con 59 %, después *Epicoccum* sp con 9.5 %, hongos con micelio hialino con 7.6 % y *Phoma* 2.9 %, las otras 7 especies, como se puede observar en la Figura 62, suman el otro 10.5 %.

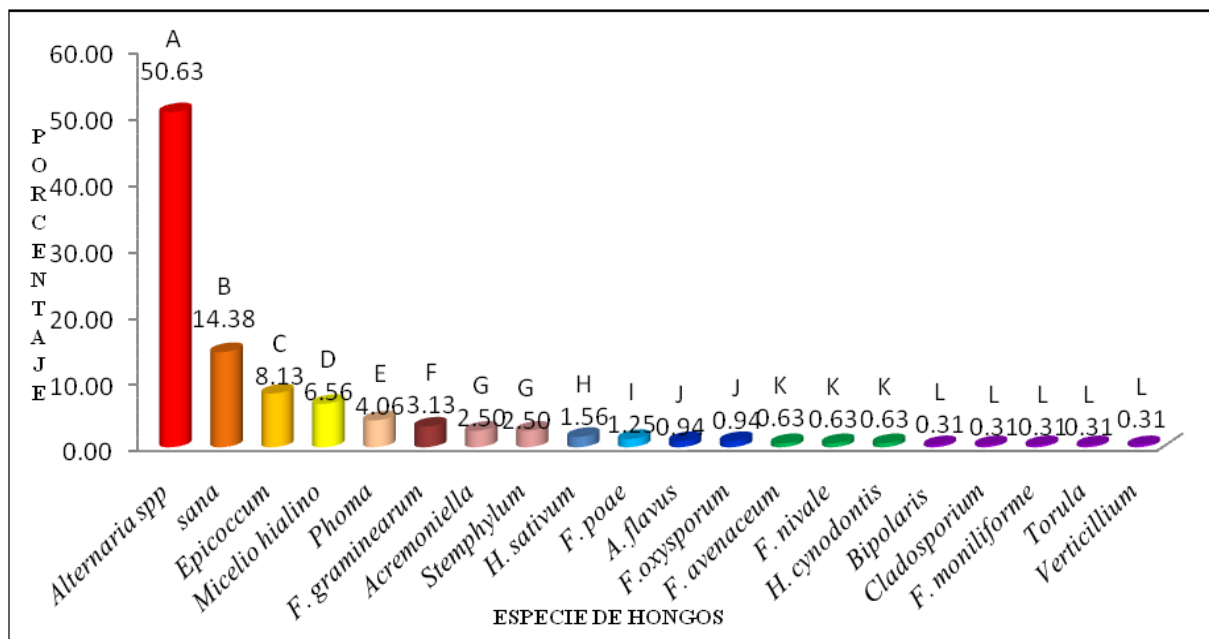


Figura 62. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Náhuatl F2000 de 8 sitios de temporal del ciclo P-V/ 2009.

Romoga F96

En esta variedad se tuvo una incidencia de hongos del 93.2 %, 8.4 % de especies patógenas y 91.6 % saprófitas. Se presentaron nueve especies patógenas, de las cuales *Helminthosporium sativum* tuvo el 5 % de frecuencia, *Fusarium graminearum* y *F. oxysporum* 0.7 % cada una; las especies *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. moniliforme*, *F. poae* y *Helminthosporium cynodontis* presentaron 0.3 % de frecuencia. En lo que se refiere a los hongos saprófitos la especie con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con 62.3 %, después *Epicoccum* sp 9.3 %, hongos con micelio hialino 9 % y *Phoma* sp 5.4 %; las otras 4 especies suman el 13.9 % (Figura 63).

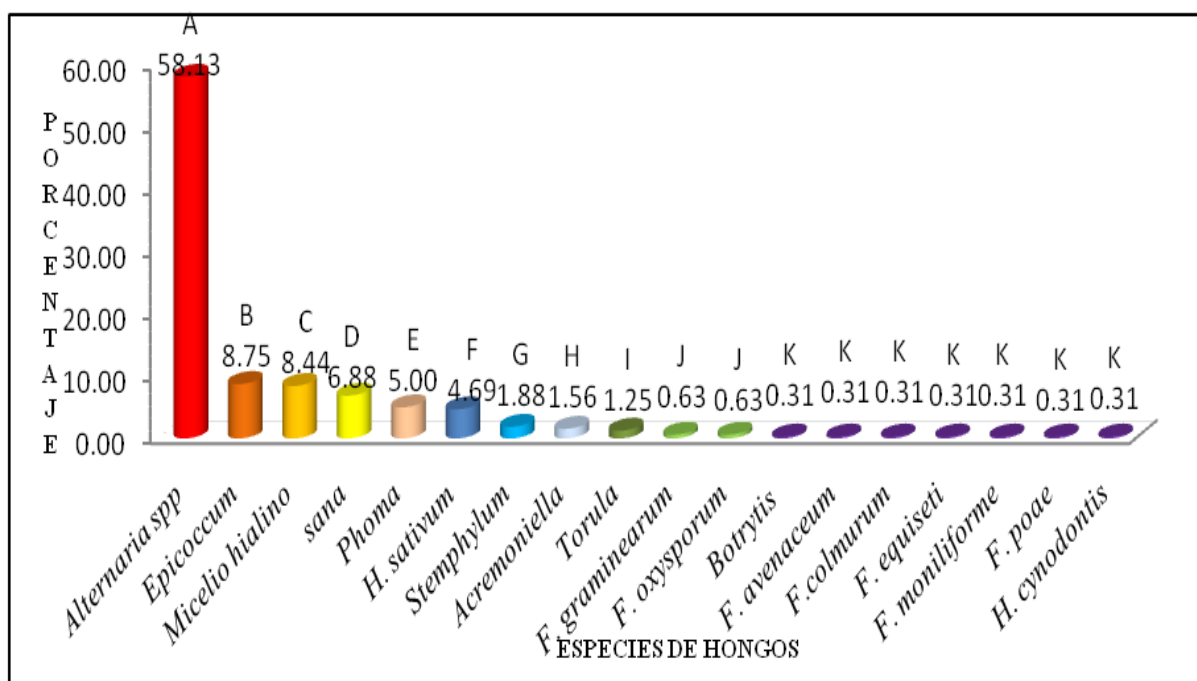


Figura 63. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Romoga F96** de 8 sitios de temporal del ciclo P-V/ 2009.

Gálvez M87

En esta variedad también se tuvo una incidencia alta de hongos (92.9 %), de los cuales se presentó el 9 % de especies patógenas y el 91 % de saprófitas. En total se presentaron 15 especies de hongos, siete patógenas y ocho saprófitas; de las especies patógenas las que mostraron mayor incidencia fueron *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum* y *F. graminearum* con 1.7 % cada una; luego *F. poae* y *Helmintosporium sativum* con 1.3 % cada especie; y por último *Curvularia* sp y *F. nivale* con 0.7 % cada una. La especie de hongo saprófita más frecuente fue *Alternaria* sp con 56.5 %, después *Epicoccum* sp con 12.1 %, hongos con micelio hialino con 9.7 %, *Phoma* sp con 6 %, *Verticillium* sp 3 %; el otro 3.6 % lo integran las 3 especies restantes que se pueden observar en la Figura 64.

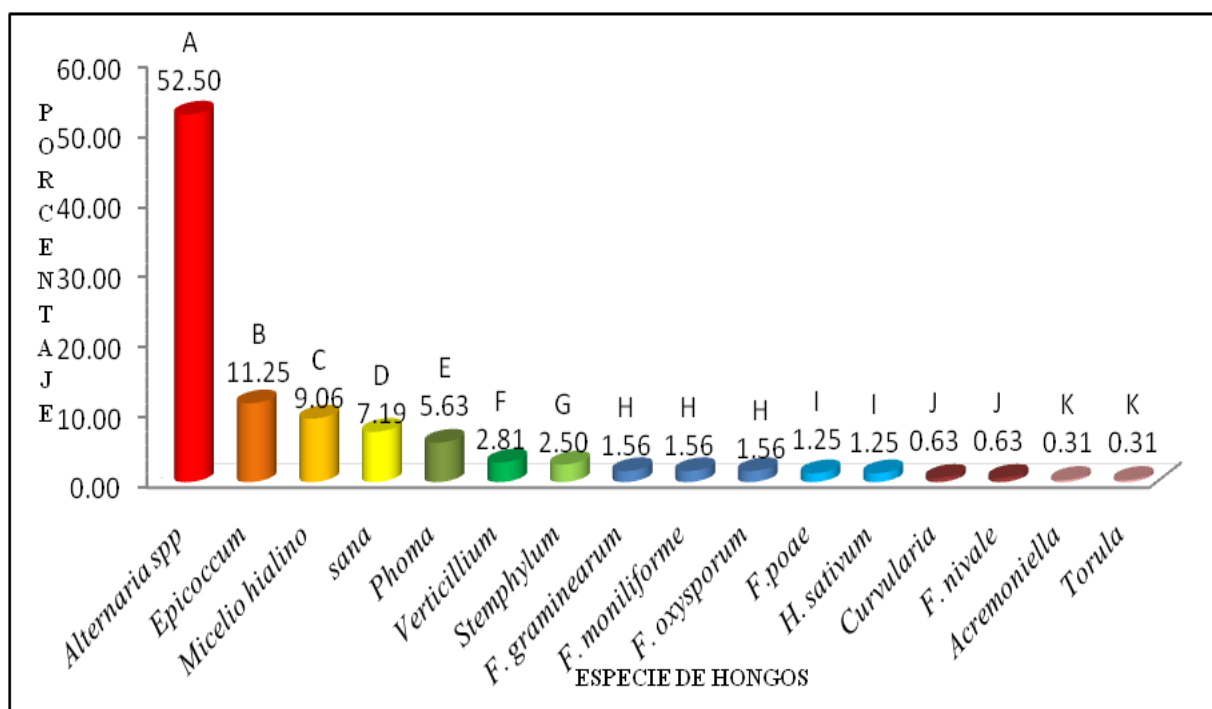


Figura 64. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Gálvez M87** de 8 sitios de temporal del ciclo P-V/ 2009.

Temporalera M87

En esta variedad se presentó una incidencia de hongos de 94.3 %, de estos 13.5 % fueron de especies patógenas y 87.5 % de especies saprófitas. En total se presentaron 15 especies, nueve patógenas y cinco saprófitas. La especie saprófita con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp 58 %, posteriormente *Epicoccum* sp 11.6 %, hongos con micelio hialino 9.5 % y *Phoma* sp 5.6 %; por último la especie que tuvo menos frecuencia fue *Verticillium* sp con 2.5 %. Las especies patógenas en general tuvieron poca frecuencia; *Helmintosporium sativum* 3.3 %, *Fusarium oxysporum* y *F. graminearum* con 2.6 % cada una, *F. moniliforme* 2 %, las otras 5 especies suman 3 %. (Figura 65).

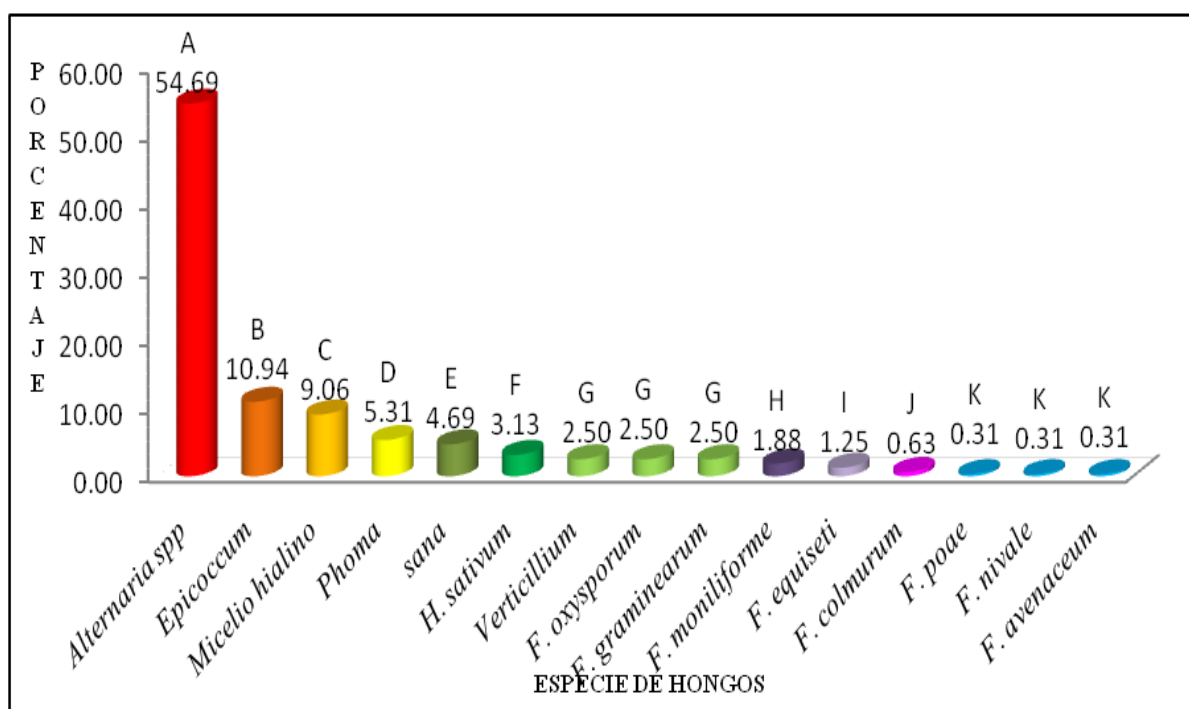


Figura 65. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Temporalera M87** de 8 sitios de temporal del ciclo P-V/ 2009.

Batán F96

En esta variedad se tuvo una incidencia de 94.1 %; 7 % fueron especies patógenas y 93 % saprófitas. Se presentaron 15 especies nueve saprófitas y seis patógenas. La especie saprófita que se presentó con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con 55.1 %, después hongos con micelio hialino 14.9 %, *Epicoccum* sp 12.6 % y *Phoma* sp 5.3 %. El otro 5 % lo integran otras cinco especies que se pueden observar en la Figura 66. La especie patógena que se presentó con mayor frecuencia fue *Helminthosporium sativum* con 2.7 %, luego *Fusarium graminearum* 1.7 %, *F. moniliforme* 1 %, *F. oxysporum* y *F. poae* con 0.7 % cada una, y por último *F. avenaceum* con 0.3 %. Figura 66.

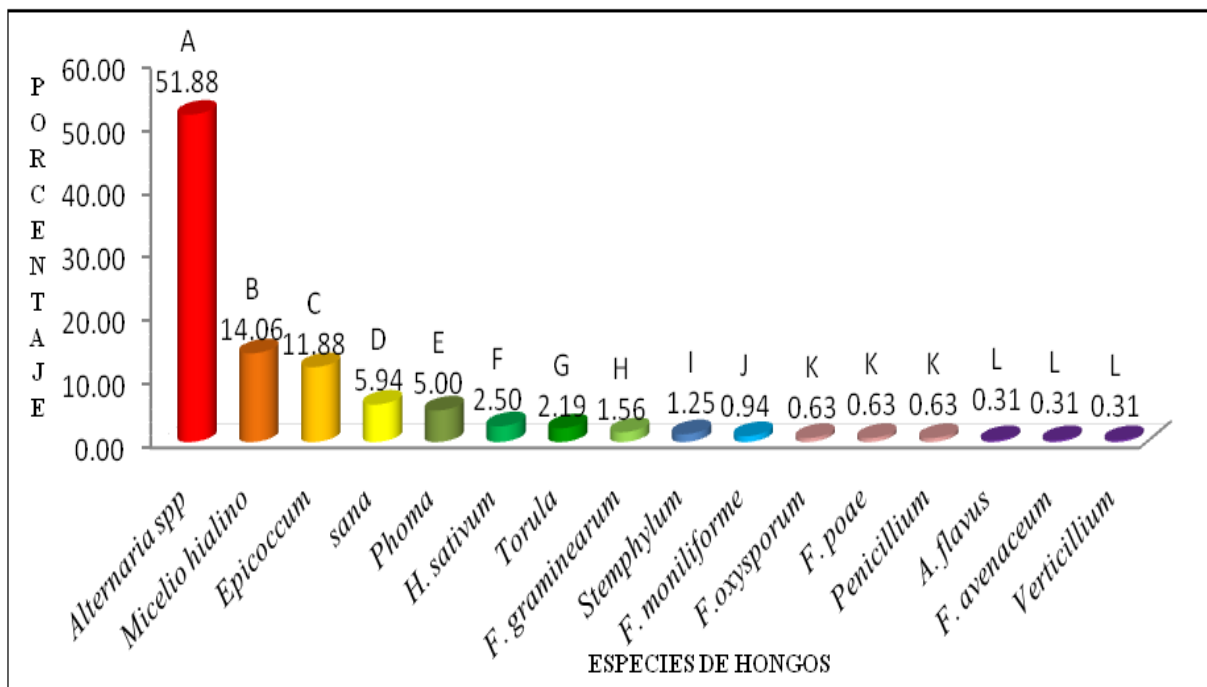


Figura 66. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Batán F96** de 8 sitios de temporal del ciclo P-V/ 2009.

4.5.2. Frecuencia por variedad de los ciclos agrícolas P-V/ 2010

Rebeca F2000

Esta variedad en el ciclo P-V/ 2010 tuvo una incidencia de hongos de 81.1 %, de los cuales 11.8 % fueron especies patógenas y 88.2% saprófitas. En total se presentaron 15 especies de hongos, cinco patógenas y 10 saprófitas. La especie patógena que se presentó con mayor frecuencia fue *Fusarium moniliforme* con 4.4 %, después *F. graminearum* y *F. poae* con 2.3% cada una y por último *F. oxysporum* y *Helminthosporium sativum* con 1.4 % cada una. *Alternaria* sp. fue la especie saprófita que tuvo mayor frecuencia con 31.6 %, seguida de *Epicoccum* sp con 20.8 %, *Cephalosporium* sp, 14.4 %, *Aspergillus flavus* 11.6 %, hongos con micelio hialino 7.3 %; otras especies que se presentaron fueron *Phoma* sp, *Torula* sp, *Penicillium* sp, *Stemphylium* sp y *Verticillium* sp, que juntos sumaron el 2.5 % (Figura 67).

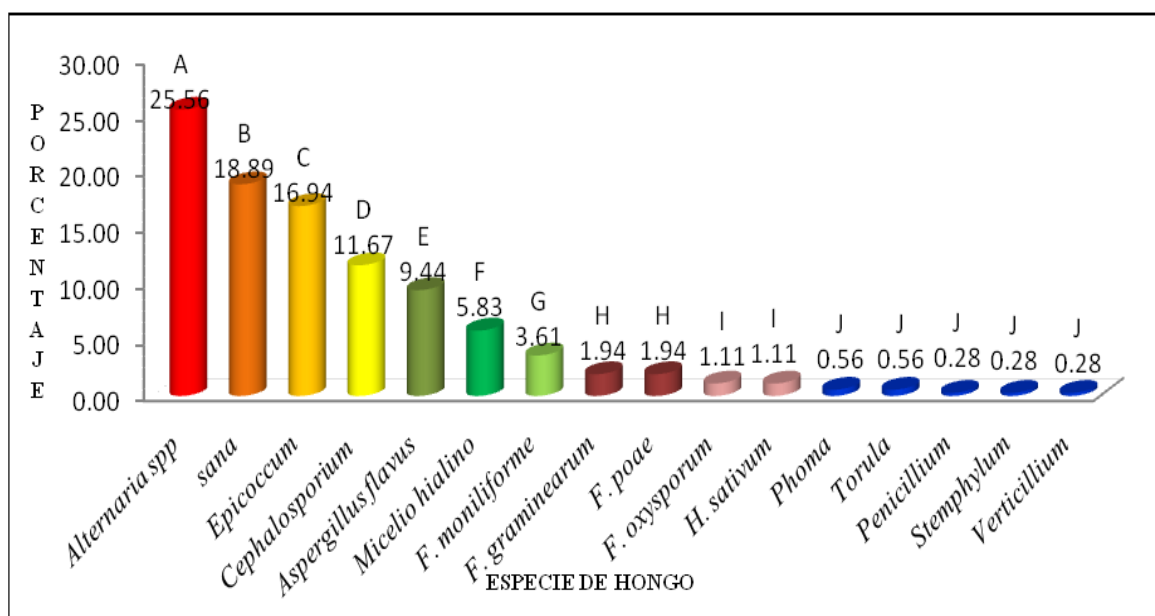


Figura 67. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Rebeca F2000** de 9 sitios de temporal del ciclo P-V/2010.

Náhuatl F2000

Esta variedad presentó el 10.6 % de semillas sin hongos, del 89.4 % que si presentaron el 18 % fueron patógenas y el 82 % saprófitas. En total se tuvo una incidencia de 16 especies, de las cuales ocho fueron patógenas y ocho saprófitas. La especie patógena que se presentó con mayor incidencia fue *Fusarium graminearum* con 6.8 %, luego *F. oxysporum* con 4.9 %, *F. poae* con 2.5 % y *F. moniliforme* 1.9 %; por último *Helminthosporium sativum*, *F. equiseti*, *F. nivale* y la asociación *F. graminearum*-*F. equiseti* sumaron 1.9 % (Figura 68).

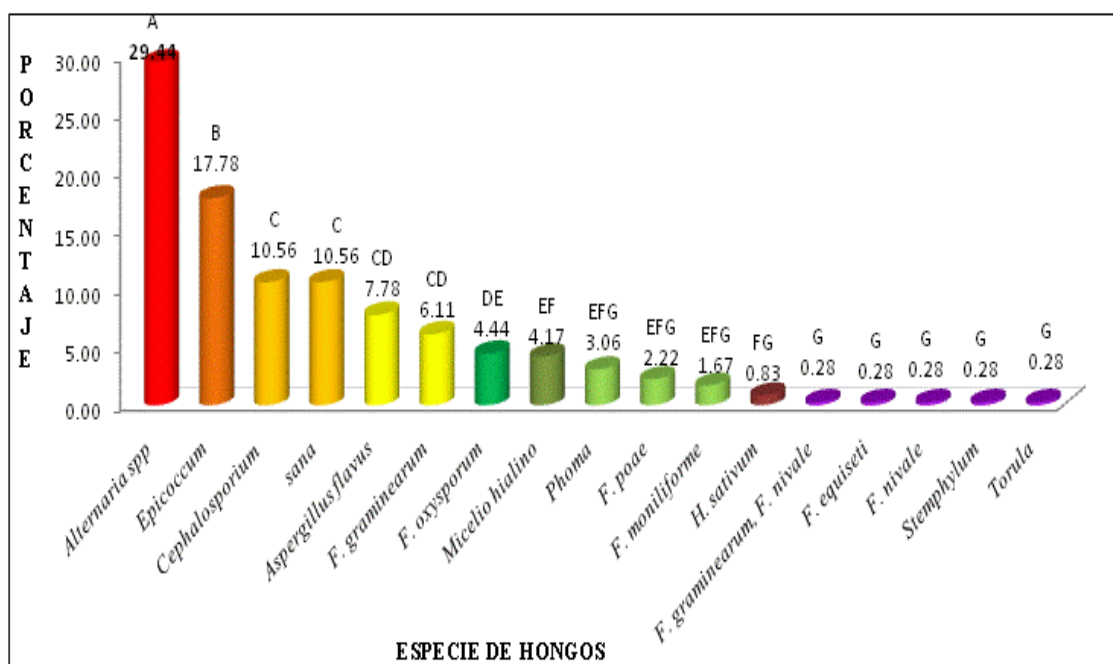


Figura 68. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad Náhuatl F2000 de 9 sitios de temporal del ciclo P-V/2010.

Romoga F96

Esta variedad presentó una incidencia de hongos del 82 %, de los cuales el 94.5 % fueron saprófitos y únicamente el 5.5 % patógenos. Se presentaron 16 especies de hongos, seis patógenas y 10 saprófitas. La especie patógena que se presentó con mayor frecuencia fue *Fusarium poae* con 2.3 %, luego *F. moniliforme* con 2 %, *F. oxysporum*, *Curvularia* sp, *F. graminearum* y *Helminthosporium sativum* sumaron 1 %. La especie patógena que tuvo mayor frecuencia fue *Alternaria* sp 42.7 %, seguida de *Epicoccum* 21.3 %, hongos con micelio hialino 8.2 %, *Aspergillus flavus* 7.4 %, *Cephalosporium* 7 %, *Phoma* sp 4 %; otros hongos saprófitos que se presentaron fueron *Stemphylium* sp, *Papulospora* sp, *Penicillium* sp y *Torula* sp sumando 3.8 % (Figura 69).

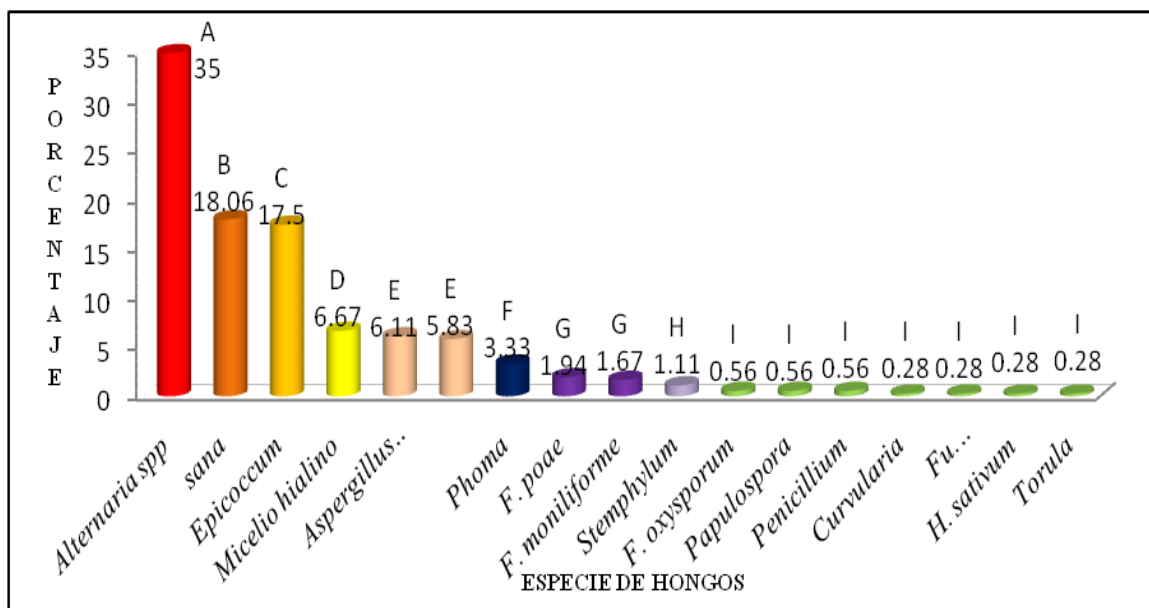


Figura 69. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Romoga F96** de 9 sitios de temporal del ciclo P-V/2010.

Gálvez M87

En esta variedad se presentó una incidencia de 86.7 % de semillas con hongos, las cuales presentaron siete especies patógenas con el 14.4 % y 11 especies saprófitas con 85.6 %. La especie patógena que se presentó con mayor frecuencia fue *Fusarium graminearum* 8 %, luego *F. moniliforme* y *F. nivale* 1.6 % cada una; *F. oxysporum*, *F. poae*, *Helminthosporium sativum* y la asociación *F. graminearum*-*F. nivale* suman 3.2 %. *Alternaria* sp, fue la especie saprófita con mayor frecuencia 37.5 %, después *Epicoccum* sp, 18.2 %, hongos con micelio hialino 12.8 %, *Cephalosporium* sp 8 %, *Aspergillus flavus* 2.9 %; el resto 6.2 % lo integraron *Phoma* sp, *Stemphyllum* sp, *Torula* sp, *Verticillium* sp, *Papulospora* sp y *Penicillium* sp (Figura 70).

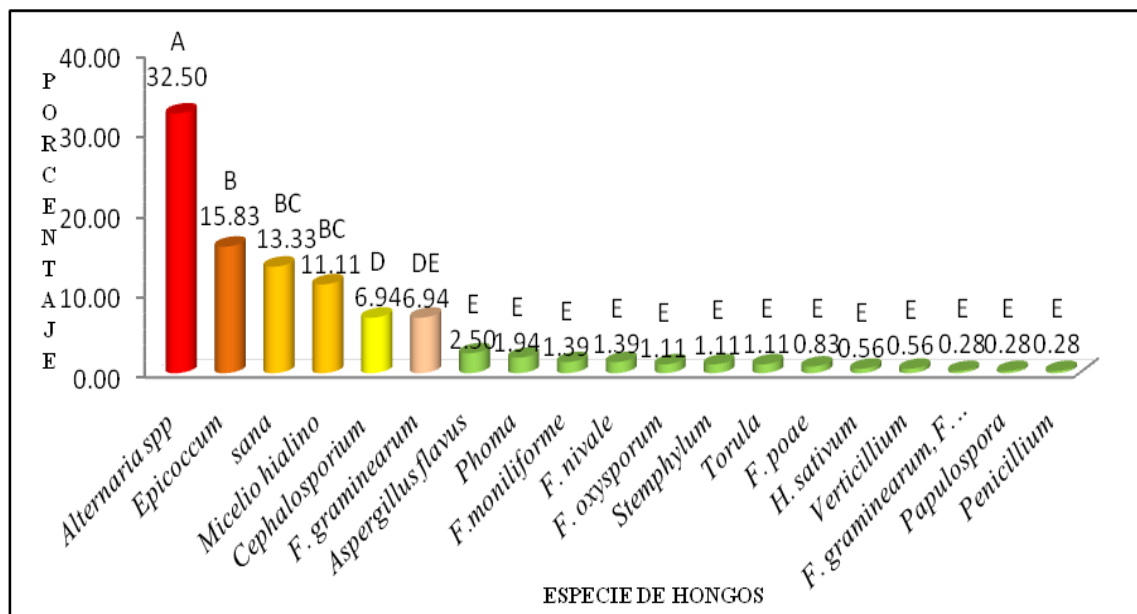


Figura70. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Gálvez M87** de 9 sitios de temporal del ciclo P-V/2010.

Temporalera M87

Esta variedad en el ciclo P-V/2010 tuvo una incidencia de 77.2 % con seis especies patógenas 14.4 % y ocho saprófitas 85.6 %. *Fusarium graminearum* fue la especie patógena con mayor frecuencia 7.3 %, después *F. moniliforme* 2.8 %, *F. poae* 1.8 %, por último *F. nivale*, *Helminthosporium sativum* y *F. oxysporum* sumaron 2.5 %. La especie saprófita que se presentó con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp con 39.6 %, luego *Epicoecum* sp con 22.7 %, hongos con micelio hialino 8.7 %, *Aspergillus flavus* 5.7 %, *Cephalosporium* sp 5.4 %; el 3.5 % restante lo integraron *Phoma* sp, *Penicillium* sp y *Stemphyllum* sp (Figura 71).

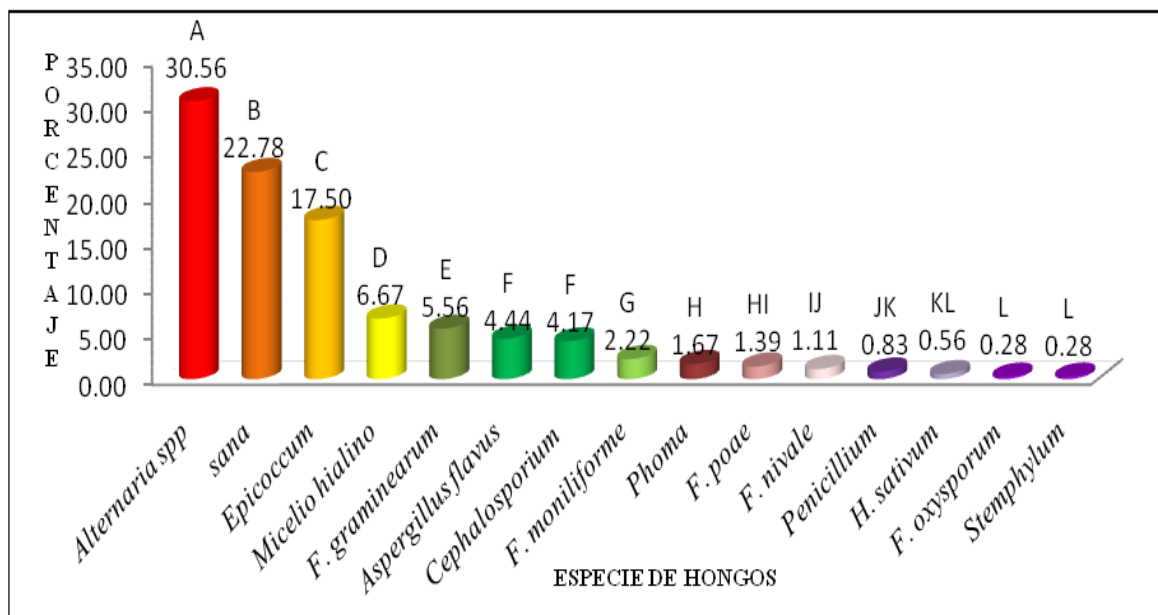


Figura 71. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Temporalera M87** de 9 sitios de temporal del ciclo P-V/2010.

Batán F96

En esta variedad se presentaron el 25.6 % de las semillas sin hongos. Del 74.4 % de las semillas que presentaron hongos el 9.7 % fueron patógenos y el 90.3 % saprófitos. *Fusarium graminearum* con 4.4 % fue la especie patógena con mayor frecuencia, seguida de *F. moniliforme* con 1.9 %, *Helminthosporium sativum* 1.5 %, *F. poae* 1.1 % y por último la asociación *F. graminearum*-*F. nivale* con 0.8 %. La especie saprófita con mayor frecuencia fue *Alternaria* sp 36.5 %, después *Epicoccum* sp 22 %, *Aspergillus flavus* 12 %, hongos con micelio hialino 7.8 %, *Cephalosporium* sp 7.1 %; el otro 4.8 % lo sumaron *Penicillium* sp, *Stemphylium* sp y *Phoma* sp (Figura 72).

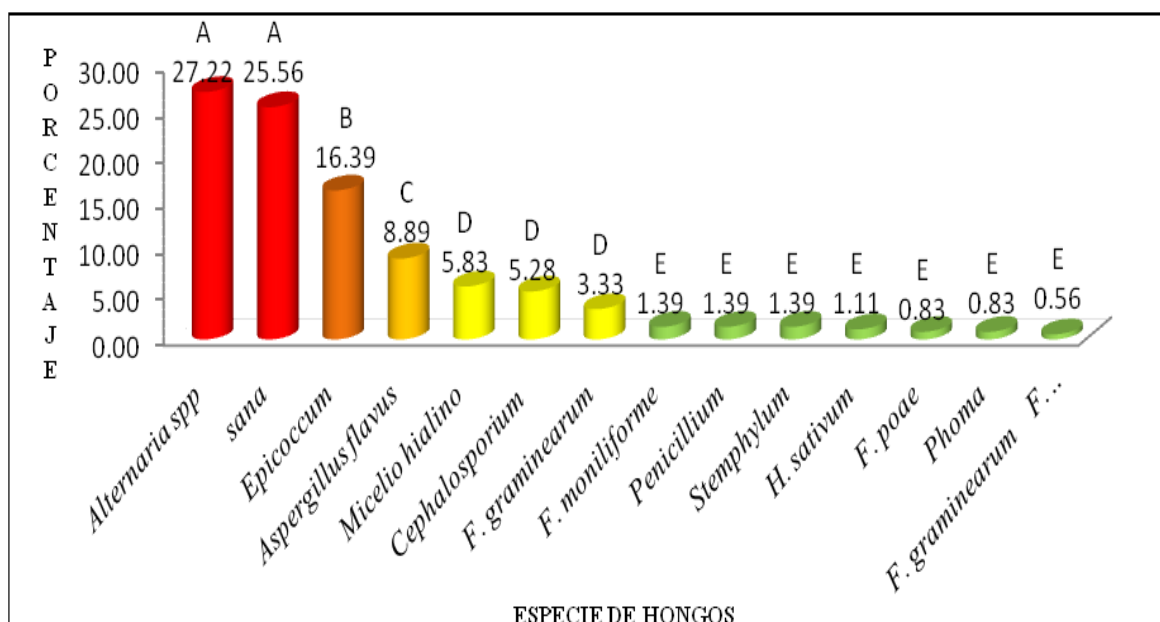


Figura 72. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo de la variedad **Batán F96** de 9 sitios de temporal del ciclo P-V/2010.

En el Cuadro 10 se puede observar que se identificaron 11 especies de hongos patógenos en los ciclos agrícolas P-V 2009 y 2010 en las seis variedades que se analizaron.

Cuadro 10. Especies de hongos identificados durante los ciclos P-V 2009 y 2010 en seis variedades de trigo de temporal.

N°	Especie	Patógeno o saprófito	Ciclo P/V	Variedad
1	<i>Curvularia</i> sp	Patógeno	2009-2010	Romoga F96 y Gálvez M87
2	<i>Fusarium avenaceum</i>	Patógeno	2009	Náhuatl F2000, Romoga F96, Temporalera M87 y Batán F96
3	<i>Fusarium culmorum</i>	Patógeno	2009	Romoga F96 y Temporalera M87
4	<i>Fusarium equiseti</i>	Patógeno	2009-2010	Náhuatl F2000, Romoga F96 y Temporalera M87
5	<i>Fusarium graminearum</i>	Patógeno	2009-2010	Náhuatl F2000, Romoga F96, Temporalera M87, Batán F96, Gálvez M87 y Rebeca F2000
6	<i>Fusarium moniliforme</i>	Patógeno	2009-2010	Náhuatl F2000, Romoga F96, Temporalera M87, Batán F96, Gálvez M87 y Rebeca F2000
7	<i>Fusarium nivale</i>	Patógeno	2009-2010	Náhuatl F2000, Temporalera M87, Batán F96 y Gálvez M87
8	<i>Fusarium oxysporum</i>	Patógeno	2009-2010	Náhuatl F2000, Romoga F96, Temporalera M87, Batán F96, Gálvez M87 y Rebeca F2000
9	<i>Fusarium poae</i>	Patógeno	2009-2010	Náhuatl F2000, Romoga F96, Temporalera M87, Batán F96, Gálvez M87 y Rebeca F2000
10	<i>H. cynodontis</i>	Patógeno	2009	Náhuatl F2000 y Romoga F96
11	<i>H. sativum</i>	Patógeno	2009-2010	Náhuatl F2000, Romoga F96, Temporalera M87, Batán F96, Gálvez M87 y Rebeca F2000

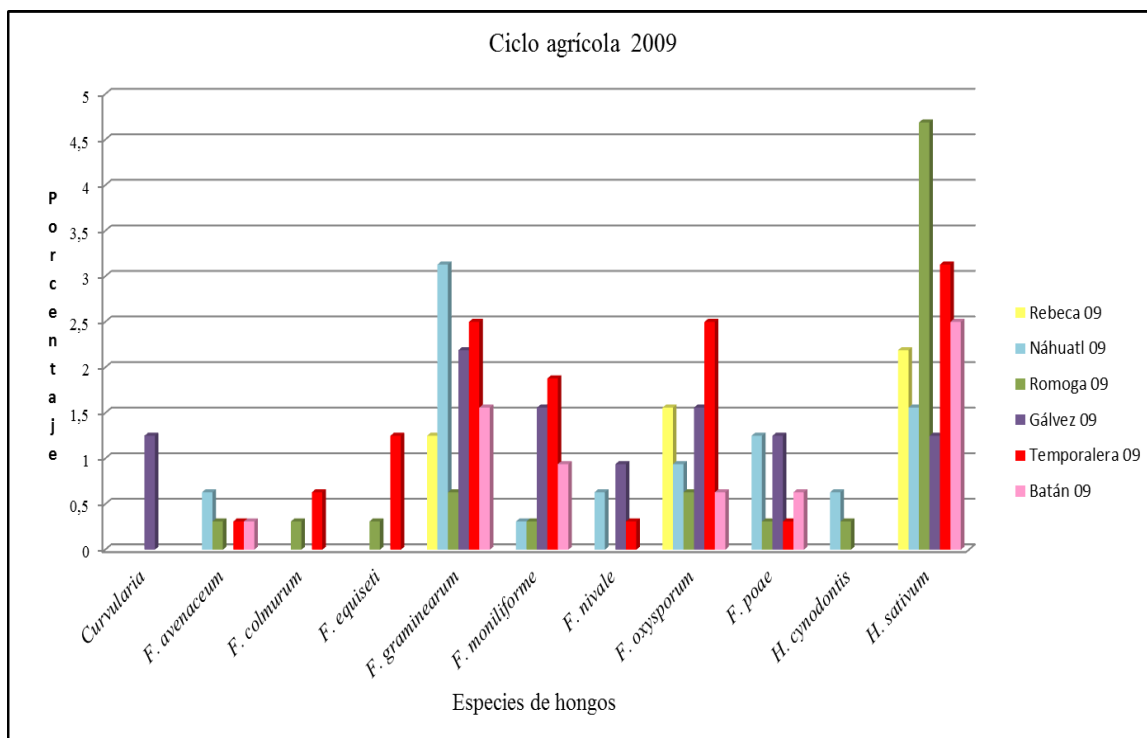


Figura 73. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo en seis variedades en el ciclo P-V/2009.

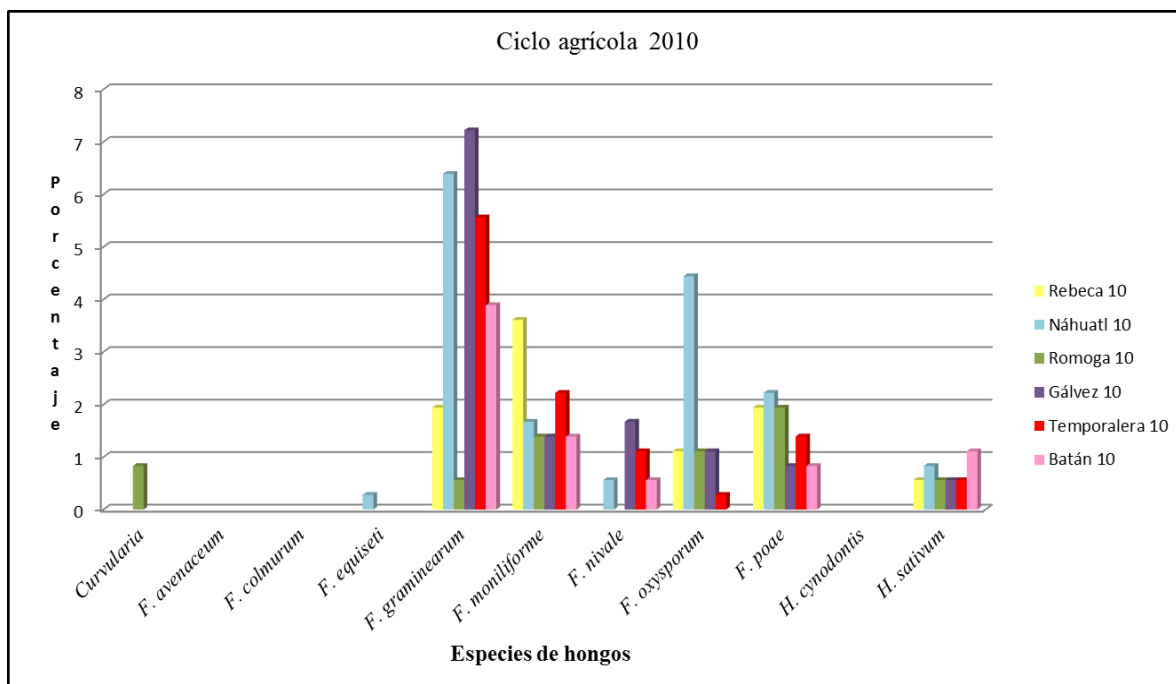


Figura 74. Frecuencia de hongos encontrados en semillas de trigo en seis variedades en el ciclo P-V/2010.

Como se puede observar en las Figuras 73 y 74 la frecuencia de especies de hongos patógenos en los ciclos agrícolas P-V 2009 y P-V 2010 fue muy diferente, ya que en el 2009 se presentaron las 11 especies identificadas en las seis variedades; *Helminthosporium sativum* fue la especie con mayor frecuencia y que se presentó en las seis variedades. En el ciclo agrícola del 2010 se presentaron ocho especies de hongos patógenos; *Fusarium Graminearum*, *F. Moniliforme* y *F. poae* fueron las especies que se presentaron con mayor frecuencia y en las seis variedades.

V. DISCUSIÓN

Moreno (1988) señala que todos los productos agrícolas son invadidos por diversos microorganismos durante su desarrollo en el campo, siendo los hongos los más abundantes y la principal causa de enfermedades. Por otra parte Warham *et al.* (1998) menciona que las semillas son un medio por el cual se propagan o transportan organismos que sobreviven como esporas o estructuras de reposo dentro o sobre éstas, y pueden constituir un mecanismo mediante el cual un agente patógeno puede ser introducido a una zona donde originalmente no existía y, por consiguiente, los hongos que son transportados en la semilla, son importantes para las autoridades fitosanitarias y los fitopatólogos, de aquí la importancia de este trabajo que permitió identificar las especies de hongos que atacan el trigo en la zona de los Valles Altos, zona de producción de trigo de temporal más importante y de donde sale semilla a otras regiones productoras del país.

En la presente investigación se identificaron 27 especies de hongos, 11 patógenas y 16 saprófitas, en los 17 sitios y en las seis variedades; es el primer trabajo en trigo de temporal en los Valles Altos en el que se identifica una gran variedad de hongos, esto es de suma importancia, ya que pone en alerta a los productores e investigadores de la problemática fitosanitaria del trigo en la región.

En la incidencia por sitio, en Terrenate 09, Velasco 09, Coatepec 10 y Francisco I. Madero 10 fueron las localidades donde se presentaron mayor incidencia general de hongos y la menor fue en Terrenate 10 y Chapingo 10-2F. En el Cuadro 3 se puede observar que la incidencia de hongos de un año a otro fue muy diferente, como es el

caso de Chapingo 10-1F y Chapingo 10-2F (90.8 % y 56.2 % respectivamente), donde la siembra se llevó a cabo en fechas diferentes en el mismo ciclo agrícola; esto es debido a que las condiciones climáticas varían de un año a otro, entre los ciclos agrícolas e incluso dentro del mismo ciclo. La diferencia que se da de un año a otro está relacionada con los factores del medio ambiente que afectan mayormente el inicio y desarrollo de las enfermedades infecciosas de las plantas, tales como la temperatura, la humedad, la luz, los nutrientes y el pH del suelo (Agrios, 2007; Doohan *et al.*, 2003).

La incidencia de hongos patógenos fue de 0 % a 27 %; en Francisco I. Madero 10 se tuvo la mayor incidencia de hongos patógenos, luego Juchitepec 10 y Chapingo 09; en Terrenate 10 no se presentaron hongos patógenos. En lo que se refiere a la incidencia de hongos saprófitos, se puede ver que en Velasco 09 (94.5 %) y Terrenate 09 (92.5 %) se presentó mayor incidencia; en Chapingo 10-2F (54.1 %) se presentó menor incidencia general de hongos saprófitos. En el presente trabajo se comprueba lo señalado por Zillinsky (1984), Wiese (1987) y Moreno (1988), de que la magnitud del daño provocado por la enfermedad depende del medio ambiente, sobre todo la humedad y temperatura y que en el caso de las enfermedades infecciosas, también influyen el tipo, población y virulencia de los patógenos; además de que la aparición de muchos patógenos transmitidos por semilla en una determinada región se relaciona directamente con la cantidad y distribución de la precipitación durante todo el año (Mathur y Cunfer, 1993). Es importante considerar lo señalado por Ridao y Roca (2002) de que los agentes fitopatógenos y las plagas son capaces de asociarse con las semillas de sus hospedantes, muchas veces de manera imperceptible, que la falta de síntomas no significa que se encuentren libres de patógenos y que más de uno puede infectar la misma semilla; esto

se pudo comprobar en la presente investigación, ya que a pesar de que las semillas de trigo aparentemente estaban sanas, un alto porcentaje desarrollaron hongos.

La incidencia general de hongos por variedad fue de 82.5 % a 89.5 %; la que presentó mayor incidencia fue Gálvez M87, seguida de Náhuatl F2000, Romoga F96 y Temporalera M87; después se encuentra Rebeca F2000 y por último Batán F96 con la menor incidencia. La incidencia de hongos patógenos fue de 5.5 % a 12.6 %; la variedad que presentó mayor incidencia fue Náhuatl F2000, luego Temporalera M87, Gálvez M87 y Rebeca F2000 y por último Romoga F96 y Batán F96 que tuvieron la menor incidencia. La resistencia a enfermedades es un aspecto importante en las variedades de temporal por lo que estos resultados permitirán caracterizar las variedades que se evaluaron en relación a la resistencia o tolerancia a los patógenos identificados, para evitar la diseminación de enfermedades que pueden causar pérdidas importantes en la producción de trigo de temporal; aquí también es importante considerar las condiciones climáticas, que como ya se señaló, afectan directamente la presencia de hongos, lo cual se puede observar en las figuras 73 y 74 donde se muestra que en el año 2009 se presentaron 11 especies de hongos patógenos y en el 2010 sólo ocho.

En general, a medida que se incrementó la presencia de hongos patógenos se redujo la incidencia de hongos saprófitos y la incidencia general estuvo altamente influenciada por la presencia de hongos saprófitos.

Las especies de hongos fitopatógenos que se identificaron fueron *Curvularia* sp, *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. nivale*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *Helminthosporium cynodontis* y *H. sativum*, mismos que

corresponden con los mencionados como parásitos de trigo por Ireta y Gilchrist (1994), Presscot *et al.* (1986), Zillinsky (1984), Warham *et al.* (1998) y Weise (1987), quienes señalan que los hongos son los patógenos más importantes de las plantas.

Ireta y Gilchrist (1994) señalan que *Fusarium graminearum* se encuentra donde se cultiva trigo de temporal en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Tlaxcala e Hidalgo. En el presente trabajo esta especie se encontró en una frecuencia general de 4 % de las semillas analizadas en catorce sitios, lo cual es importante por la producción de toxinas (Tricotecenos y Zearalenona), ya que se reporta que 5 % o más de granos infectados puede tener toxinas suficientes para causar daños en el hombre y los animales (Prescott *et al.*, 1986). La variedad que presentó mayor susceptibilidad a este hongo fue Náhuatl F2000 con el 4.7 % de semillas infectadas. El sitio donde hubo mayor incidencia fue en Francisco I. Madero 10 con el 15.7 %. En Croacia se encontró *F. graminearum* en 27 % de los aislamientos que se hicieron en muestras de 2002-2008 (Ivic *et al.*, 2009a). Hudec (2007) señala que *F. graminearum* fue una de las especies con mayor patogenicidad en plántulas de trigo in vitro en la República Eslovaca. Ivic *et al.* (2009b) reportaron que el 7 % de las semillas de trigo inoculadas con *F. graminearum* no germinaron. Turkington *et al.* (2011) encontraron que *F. graminearum* fue uno de los patógenos que se aisló con más frecuencia de residuos de cereales, de maíz y de malezas en la región de Alberta en Canadá, en muestras tomadas del 2001 al 2004.

Fusarium moniliforme se encontró en catorce sitios, con una frecuencia general de 2 %. El sitio con mayor incidencia fue Coatepec 10 con el 5.8 %. La variedad más susceptible

a este patógeno fue Temporalera M87 con presencia en 2 % de las semillas analizadas. Fakhrunnisa (2006) reportó *F. moniliforme* en semillas de trigo en Pakistán.

Fusarium poae se encontró en diez sitios con una frecuencia general de 1.5 %. El sitio con mayor incidencia fue Francisco I. Madero con 7.08 % y la variedad más susceptible fue Náhuatl F2000 con 1.7 % de este patógeno en las semillas analizadas. Ivic *et al.* (2009a) encontraron *F. poae* en los aislamientos de muestras de 2002-2008 en semillas de trigo en Croacia.

Fusarium oxysporum se identificó en once sitios con una frecuencia general de 1.3 %. El sitio con mayor frecuencia fue Santa Lucía 10 con 6.25 % y la variedad más susceptible fue Náhuatl F2000 con 2.7 % de semillas con este patógeno. Fakhrunnisa (2006) reportó *F. oxysporum* en semillas de trigo en Pakistán. Ivic *et al.* (2009b) en las semillas de trigo que analizaron en 3 % identificaron *F. oxysporum*.

Fusarium nivale se encontró en cuatro sitios con una frecuencia general de 0.6 %, siendo la variedad Gálvez M87 la más susceptible con el 1 % de las semillas analizadas. Inglis y Cook (1981) y Presscott *et al.* (1986) mencionan que se encuentra en África Oriental, Valle de Toluca en México, Inglaterra, Estados Unidos, Alemania, Dinamarca, Rusia y la República de China. Hudec (2007) encontró patogenicidad media de *F. nivale* en plántulas de trigo in vitro en la República Eslovaca. Smiley *et al.* (2005) encontraron que *F. nivale* es uno de los agentes que ocasionan pudrición de la corona del trigo.

Zillinsky (1984) reporta que *Fusarium culmorum* y *F. equiseti* se han observado esporulando en las hojas inmaduras de cereales en la Meseta Central de México; *F. culmorum* se identificó en tres sitios con 0.1 % de frecuencia general. La variedad más

susceptible para este patógeno fue Temporalera M87 con el 0.2 % de las semillas. *F. equiseti* se presentó en cuatro sitios con 0.15 % de frecuencia general, siendo el sitio Cuyoaco el de mayor incidencia con el 1.25 %; la variedad más susceptible fue Temporalera M87 con el 0.5 % de las semillas con este patógeno.

Fusarium avenaceum se presentó únicamente en Cuyoaco con una incidencia de 2.08 % en las semillas analizadas, la variedad más susceptible fue Náhuatl F2000 con el 0.63 %. El desarrollo de esta enfermedad es favorecida por temperatura y humedad alta durante y después del espigamiento (Zillinsky,1984). Los hongos se multiplican en el cereal infestado y en los residuos de pasto y tienden a contaminar la semilla (Wiese, 1987). Ivic *et al.* (2009b) encontró que el 85 % de las semillas de trigo inoculadas con *F. avenaceum* no germinaron.

Blanco (1998) señala que *Helminthosporium sativum* es el patógeno más prevaleciente en la semilla y una fuente importante como inóculo primario. *H. sativum* tuvo una frecuencia general de 2.6 %. El sitio con mayor incidencia fue Chapingo 09 con el 10 % y se encontró en 12 sitios. *H. sativum* se presentó en las seis variedades, siendo Romoga F96 la variedad más susceptible con 2.3 % de las semillas con este patógeno.

En el sur de Asia Neupane *et al.* (2010) encontraron *H. sativum* en niveles moderados a altos en semilla de trigo; por su parte Al-Sadi y Deadman (2010) confirmaron en su trabajo que *H. sativum* es transmitido por la semilla de trigo. Hudec en el 2007 indicó que las epidemias devastadoras de *H. sativum* se presentan principalmente en países con climas cálidos; el estrés abiótico influye en el desarrollo y severidad del patógeno y este mismo autor también señala que *H. sativum* es muy variable y muy sensible a las

condiciones ambientales. Esta es la explicación de que este patógeno se presentara en los dos años a pesar de que las condiciones climáticas fueron diferentes.

En Juchitepec se presentó *Curvularia* sp, aunque fue en una proporción baja (0.42 %); es importante señalar que se presentó en los dos ciclos, también se presentó en Velasco'09; la variedad con mayor susceptibilidad fue Gálvez M87 con 0.2 % de las semillas infectadas. Ésta especie fue reportada en éste sitio por Ruíz León ((2007). Fakhrunnisa y Ghaffar (2006) encontraron *Curvularia* sp con frecuencia alta en las semillas de trigo analizadas en su trabajo.

Las especies de hongos saprófitos que se encontraron con mayor frecuencia fueron *Alternaria* sp., *Acremoniella* sp, *Aspergillus* sp, *Arthrinium* sp, *Bipolaris* sp, *Blastomyces* sp, *Cephalosporium* sp, *Chaetomium* sp, *Epicoccum* sp, *Heterosporina* sp, *Penicillium* sp, *Phoma* sp, *Stemphylium* sp, *Torula* sp, *Papulospora* sp y *Verticillium* sp, ya que son hongos cosmopolitas que están ampliamente distribuidos y se reproducen en tejido vegetal enfermo, maduro o muerto, especialmente durante períodos de alta humedad. A menudo, los hongos saprofitos (de campo) se presentan en plantas afectadas por condiciones desfavorables u otras enfermedades de acuerdo a lo señalado por Zillinsky (1984). Por su parte, Moreno (1988) señala que las especies de *Aspergillus* y *Penicillium* invaden la semilla en el almacén, los cuales causan diversos daños a los granos y semillas almacenadas, siendo los más sobresalientes la reducción del poder germinativo de las semillas, el ennegrecimiento de los granos y la producción de micotoxinas. Toklu (2008) encontró que en la región de Cukurova, Turquía *Alternaria* sp fue el hongo predominante en semillas de trigo.

El porcentaje en que se encontraron los hongos patógenos es de suma importancia, dado que si el grano se destina para siembra un kilogramo tiene 25,000 semillas, por lo que una incidencia del 5 % de *F. nivale*, significa que se tendrían 150,000 focos de infección distribuidos aleatoriamente en una hectárea; para el caso de *F. graminearum* en Francisco I. Madero 10 con 15.7 % de incidencia se tendrían 471,000 focos de infección; y si el grano se destina para consumo, de acuerdo a Prescott *et al.* (1986), con 5 % o más de granos infectados puede tener toxinas suficientes para causar daños en el hombre y animales.

También se comprobó que *F. graminearum* se encontró en diversas condiciones climáticas, ya que los 14 sitios en los que se identificó son muy variables en altura, precipitación y temperatura. Villaseñor y Espitia, (2000) señalan que el trigo de temporal se produce en condiciones climáticas sumamente contrastadas, donde la precipitación media anual oscila de cerca de 400 mm hasta más de 1000 mm, y la temperatura media varía de 12.7 a 20.8°C; y que las áreas productoras de trigo se encuentran en diferentes tipos de climas (árido, templado subhúmedo, templado húmedo, semicálido húmedo y semicálido subhúmedo), lo que significa que de no tomarse las medidas pertinentes se puede transformar en un problema serio.

Alternaria sp fue el hongo saprófito que se encontró con mayor frecuencia (15 sitios) y una incidencia de 41.1 % de las semillas analizadas, esto es muy importante ya que las semillas infectadas con este hongo reducen la calidad de la harina, pues la obscurecen. De acuerdo a Salazar (2000) las harinas que se producen a partir de grano de trigo se analizan por los siguientes criterios de calidad: 1) contenidos de ceniza y proteína, 2) gluten húmedo y seco, 3) color, 4) actividad enzimática y 5) almidón dañado.

VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación se identificaron en la semilla 27 especies de hongos, 11 patógenas y 16 saprófitas, lo cual es muy importante debido a que es el primer trabajo en trigo de temporal en los Valles Altos en el que se identifica una gran variedad de hongos, esto pone en alerta de la problemática fitosanitaria del trigo en la región a productores e investigadores.

Las especies de hongos patógenos que se identificaron en la semilla de trigo (*Triticum aestivum*) en los diferentes sitios de los Valles Altos de México y que pueden ser transmitidos por ésta fueron *Curvularia* sp, *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. nivale*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *Helminthosporium cynodontis* y *H. sativum*, destacando *Fusarium graminearum*, por ser la más frecuente y por las pérdidas en el rendimiento y daños a la salud que puede causar

Los géneros de hongos saprófitos que se identificaron fueron *Alternaria* sp, *Acremoniella* sp, *Aspergillus* sp, *Arthrimum* sp, *Bipolaris* sp, *Blastomyces* sp, *Cephalosporium* sp, *Chaetomium* sp, *Epicoccum* sp, *Heterosporina* sp, *Penicillium* sp, *Phoma* sp, *Stemphylium* sp, *Torula* sp, *Papulospora* sp y *Verticillium* sp. Los géneros más frecuentes fueron *Alternaria* sp y *Epicoccum* sp.

La incidencia de las especies de hongos presentes en la semilla de trigo tanto en los sitios como en las diferentes variedades se modificó de un año a otro dadas las condiciones climáticas que se modifican tanto en los diferentes años como en los distintos sitios, lo cual es muy importante ya que se trata de trigo de temporal. La

incidencia general de hongos fue mayor en el año 2010, pero se presentaron más especies de hongos en el año 2009.

En Terrenate 09 y en la variedad Gálvez M87 se presentó mayor incidencia general de hongos; la incidencia de hongos patógenos fue mayor en Francisco I. Madero 10 y en la variedad Náhuatl F2000.

VII. LITERATURA CITADA

Agrios G., N. 2007. Fitopatología. 2a. Ed. LIMUSA. México, D.F. 838 p.

Al-Sadi, Abdullah Mohammed and Deadman, Michael Leonard. 2010. Influence of Seed-borne *Cochliobolus sativus* (Anamorph *Bipolaris sorokiniana*) on Crown Rot and Root Rot of Barley and Wheat. JOURNAL OF PHYTOPATHOLOGY 158: 683-690

Bautista, E. M. E. 2005. Hongos asociados a la semilla de trigo (*triticum aestivum* L.) de Temporal. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 78p.

Bekele, G. 1987. Historia de la participación del CIMMYT. Taller sobre la Fusariosis de la espiga en América del Sur. Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo. Paraguay. P. 119-124.

Blanco, A. M. 1998. Efectos de enfermedades foliares fungosas de trigo (*Triticum aestivum* L.) de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal. Depto. de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. 125p.

Booth, C. 1971. The genus *Fusarium* Ed. Commonwealth Mycological Institute. Inglaterra.

Box G.E.P.; Hunter W.G. y Hunter J.S. 2006. Estadística para investigadores. Ed. Reverté S.A. 675p.

Castillo L.E.M. 2003. Introducción a la estadística experimental. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. 277p

Christensen, C. M. and H. H. Kaufmann, 1965. Deterioration of stored grains by fungi. Ann. Rev. Phytop. 3: 69-84.

Dickson, J. G. 1963. Diseases of field crops. Segunda edición. MC Graw-Hill Book Co. New Cork. 517p.

Doohan F.M., Brennan J. and Cooke B.M. 2003. Influence of climatic factors on Fusarium species pathogenic to cereals. Europ.J. Plant Pathol. 109: 755–768.

Fakhrunnisa, Hashmi MH and Ghaffar A. 2006. Seed-borne mycoflora of wheat, sorghum and barley. Pakistan journal of botany. 38: 185-192

FAOSTAT. 2010. The new FAO statistical, Yearbooks 2010. 100 p.

García, E. 1988. Modificación del sistema de clasificación climática de Koppen. 4a. ed. México, D.F. 239 p.

Gilchrist, S., L., Fuentes, D. G. y Martínez, C. 1995. Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada. México, DF. CIMMYT. 64 p.

Gómez, A. R. 1999. Efecto de las enfermedades foliares y transmisión de patógenos por semillas de cereales de grano pequeño de temporal en ambientes críticos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 35 p.

Gonzalez M.S. and Trevathan L.E. 2000. Identity and pathogenicity of fungi associated with root and crown rot of soft red winter wheat grown on the upper coastal plain land resource area of Mississippi. J. Phytopathol. 148: 77–85.

Hernández, H. M. R. 2001. Detección específica del Carbón Parcial del Trigo (*Tilletia indica* Mitra), usando la reacción en cadena de polimerasa (PCR). Tesis. Maestro en Ciencias en Protección Vegetal. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 57pp.

Horsfall, J. G. and E. A. Dimond. 1960. Plant pathology. Academic Press, New York and London. 675p.

Hudec, Kamil. 2007. Pathogenicity of fungi associated with wheat and barley seedling emergence and fungicide efficacy of seed treatment. BIOLOGIA 62: 287-291

Huerta, E. J. y Skovnand, B. 2000. Origen, botánica y taxonomía del trigo. In: El trigo de temporal en México. H. E. Villaseñor, Mir y E. Espitia R. (Eds.) Chapingo, Estado de México., México, SAGAR, INIFAP, CIRSE, CEVAMEX. P. 25-38. Libro técnico No. 1.

INAFED, 2011. Estados y municipios.

www.inafed.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia. Consultada el 15 de abril de 2011.

INEGI. Anuario Estadístico, 2010.

Inglis, D. A. and R. J. Cook. 1981. *Calonectria nivale* causes scab in the pacific north west. Plant disease. 65: 924-932.

Imathiu, Samuel M.; Hare, Martin C.; Ray, Rumiana V.; Back, Matthew and Edwards, Simon G. 2010. Evaluation of pathogenicity and aggressiveness of *F. langsethiae* on oat and wheat seedlings relative to known seedling blight pathogens. European Journal of Plant Pathology. 126: 203-216.

Ireta M., J. y L. Gichrist. 1994. Roña o Tizón de la espiga del trigo (*Fusarium graminearum* Schwabe). Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. México, D.F. 25p.

Ivic D.; Domijan AM; Peraica M; Milicevic T. and Cvjetkovic B. 2009a. *Fusarium* spp. contamination of wheat, maize, soybean, and pea in croatia. arhiv za higijenu rada i toksikologiju 60: 435-442.

Ivic, D.; Kuzmanovska, Biljana and Cvjetkovic, B. 2009b. The effect of different *fusarium* species on wheat seed germination in vitro conditions. Sjemenarstvo. 26: 143-151

Kohlí, M. M. 1987 Análisis de la fusariosis del trigo del cono sur. Taller sobre la Fusariosis de la Espiga en América del Sur. CIMMYT. 1-6 pp.

Leyva M., S.G. 1999. Enfermedades Fungosas de Algunos cultivos Agrícolas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 92, 115p.

Mathur, S. B. and B. M. Cunfer. 1993. Seed-Borne Diseases and Seed Health Testing of Wheat. Institute of Pathology for Developing Countries. Danish Government. 168 p.

Moreno G. R., Rodríguez P. E., Huerta E. J. y Villaseñor M. H. E., 1989. GALVEZ M87 variedad de trigo para temporal y riego restringido. SARH, Campo Experimental Valle de México. 23 p. (Folleto técnico No. 14).

Moreno M., E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109 p.

Moreno M., H. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 393 p.

Neupane AC, Sharma RC, Duveiller E. and Shrestha SM. 2010. Sources of *Cochliobolus sativus* Inoculum Causing Spot Blotch under Warm Wheat Growing Conditions in South Asia. Cereal research communications. 30: 541-549

Otis C., M. 1993. Plant disease control: Principles and practice. New York, United States. 346p.

Presscot, J. M.; Burnett, P. A.; Saari, Ransom; J. Browman, J. W. y Williano, Sing, R. P., Bekele, G. 1986. Enfermedades y plagas de trigo: Una guía para su identificación de campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, DF. 135 p.

Rídao, A. y F. Roca. 2002. Enfermedades y otros factores que causan decoloración y deterioro de semillas de soja. Buenos Aires, Argentina. 145 p.

Ríos, V. G. 1985. Etiología y resistencia varietal del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) a la pudrición del tallo y raíz. Tesis Profesional. Dpto. de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 69p.

Robles S., R. 1983. Producción de granos y forrajes. Ed. LIMUSA. 4a. ed. México 284 p.

Romero C., S. 1993. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 347 p.

Ruiz, L. M. 2007. Hongos asociados a la semilla de avena (*Avena sativa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal. Dpto. de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 81p.

SARH. 1992. Guía fitosanitaria para el cultivo de trigo. Seria Sanidad Vegetal, Sistema Producto Trigo. CIAM. México. 3:8-18.

SIAP, 2011. Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesca: Año Agrícola 2009. México. <http://www.siap.com>.

Smiley R.W., Gourlie J.A., Easley S.A. & Patterson L.M. 2005. Pathogenicity of fungi associated with the wheat crown rot complex in Oregon and Washington. Plant Dis. 89: 949–957.

Smith, I. M. J.; Dunez, R.A.; Lelliot, D. H.; Phillips, S. A. y Archer. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Editorial Blackwell Scientific Publications LTD. Oxford (UK). 627 p.

Toklu F, Akgul DS, Bicici M and Karakoy T. 2008. The relationship between black point and fungi species and effects of black point on seed germination properties in bread wheat. Turkish journal of agriculture and forestry. 32: 267-272

Turkington, T. K.; Clear, R. M.; Demeke, T.; Lange, R.; Xi, K. and Kumar, K. 2011. Isolation of *Fusarium graminearum* from cereal, grass and corn residues from Alberta, 2001-2003. CANADIAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY-REVUE CANADIENNE DE PHYTOPATHOLOGIE. 33: 179-186

Villaseñor, M., H. E. 2000. Importancia del trigo. In: El trigo de temporal en México. H. E. Villaseñor, Mir y E. Espitia R. (Eds.) Chapingo, Estado de México., México, SAGAR, INIFAP, CIRSE, CEVAMEX. P. 7-25. Libro técnico No. 1.

Villaseñor, M., H. E. y Espitia R. E. 2000. Características de las áreas productoras de trigo de temporal: problemática y condiciones de producción. In: El trigo de temporal en México. H. E. Villaseñor, Mir y E. Espitia R. (Eds.) Chapingo, Estado de México., México, SAGAR, INIFAP, CIRSE, CEVAMEX. P. 85-98. Libro técnico No. 1.

Salazar, Z. A. 2000. Calidad industrial del trigo para su comercialización. In: El trigo de temporal en México. H. E. Villaseñor, Mir y E. Espitia R. (Eds.) Chapingo,

Estado de México., México, SAGAR, INIFAP, CIRSE, CEVAMEX. P. 289-311.
Libro técnico No. 1.

Villaseñor M. H. E., Solano H. S., Moreno G. R., 1989. TEMPORALERA M 87 nueva variedad de trigo para temporal. SARH, Campo Experimental Valle de México. 23 p. (Folleto técnico No. 13).

Villaseñor M. H. E., Moreno G. R., 1998a. BATAN F96 nueva variedad de trigo para siembras de temporal. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. 17 p. (Folleto técnico No. 8).

Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Solano H. S., Salazar Z. A., 1998b. Romoga F96 nueva variedad de trigo para siembras de temporal. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. 18 p. (Folleto técnico No. 9).

Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Huerta E. J., Salís M. E., Aguirre M. D., María R. A., H. S., Salazar Z. A., 2000a. NAHUATL F2000 nueva variedad de trigo para siembras en temporales críticos y medio lluviosos en México. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. 23 p. (Folleto técnico No. 2).

Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Huerta E. J., González I. R., María R. A., 2000b. REBECA F2000 nueva variedad de trigo para siembras en temporales lluviosos y medio lluviosos en México. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. 21 p. (Folleto técnico No. 4).

Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Huerta E. J., 2003. Perspectivas para la siembra de trigo de temporal en México y del programa del CEVAMEX. *In: Reseña*

Histórica INIFAP, Campo Experimental Valle de México. Septiembre del 2003. 64 p.

Villaseñor M. H. E., Huerta E. J., María R. A., Espitia R. E., Limón O. A., Rodríguez G. M. F. 2007. Variedades de trigo para siembras de temporal en el estado de Tlaxcala. INIFAP, Campo Experimental Valle de México. 34 p. (Folleto técnico No. 30).

Villaseñor M. H. E., Limón, O. A., Rodríguez G. M. F., 2008. Perspectivas de las siembras de trigo de temporal para reforzar la producción nacional. CANIMOLT. 12-15 p.

Warham E., J., L. Butler D., y B. Sulton C. 1998. Ensayos para la semilla de maíz y trigo Manual de laboratorio. CIMMYT. México. D.F. 84p.

Wiese M., V. 1987. Compendium of Wheat diseases. The American Phytopathological Society, 2a edition. 112p

Zyllinsky F., J. 1984. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo. CIMMYT. México, D.F. 141p.