

## Diversidad de Hongos en Semilla de Trigo de Temporal

### Diversity of Fungi in Grain of Wheat of Temporary

**Emma Sandoval Martínez, Santos Gerardo Leyva Mir**, UACH, Parasitología Agrícola, Carr. México- Texcoco, Km. 38.5, Chapingo, Edo. de México, CP 56230, México. **Héctor Eduardo Villaseñor Mir, María Florencia Rodríguez García**, INIFAP-CEVAMEX, Km. 13.5 Carr. Los Reyes- Texcoco, Coatlínchán, Texcoco, Edo. de México, CP 56250, México. **Luis Antonio Mariscal Amaro**, INIFAP-CEBAJ, Km. 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, CP 38110, México. Correspondencia: mariscal.luis@inifap.gob.mx

(Recibido: Marzo 27, 2012 Aceptado: Junio 23, 2012)

Sandoval Martínez, E., Leyva Mir, S. G., Villaseñor Mir, H. E., Rodríguez García M. F. y Mariscal Amaro, L. A. 2012. Diversidad de hongos en semilla de trigo de temporal. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30:145-149.

**Resumen.** El estudio tuvo como objetivo de identificar y cuantificar la incidencia y frecuencia de hongos en semilla de trigo de temporal en los Valles Altos de México. La semilla se colectó en los ciclos primavera-verano 2009 y 2010 en 10 localidades de los estados de México, Puebla y Tlaxcala. Se cuantificó la incidencia y frecuencia de cada especie por el método de Freezing Blotter. Se identificaron 11 especies reportadas como patógenas: *Curvularia* sp., *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. verticillioides*, *Helminthosporium cynodontis*, *H. sativum* y *Microdochium nivale*; la especie con mayor frecuencia fue *F. graminearum* con 4 % y la mayor incidencia de especies fue en Chapingo y Puebla en 2009 y Tlaxcala en 2010.

Palabras clave adicionales: Frecuencia, incidencia, porciento, temporal, *Triticum aestivum*.

Con la movilización del trigo (*Triticum aestivum* L.) de una región a otra del país, se pueden transportar organismos que llegarían a ocasionar serios problemas al cultivo en campo o podrían afectar la calidad al procesar la semilla (grano). En México, anualmente, se movilizan alrededor de 3.6 millones de t de semilla de trigo de las regiones de producción a los centros de procesamiento (CANIMOLT, 2010). Los hongos transmitidos por semilla pueden sobrevivir hasta 10 años como esporas o estructuras de reposo dentro y sobre la semilla (OMAFRA, 2009); por lo tanto son fuente de inóculo para el siguiente ciclo de cultivo. En campo, la semilla es invadida por hongos como *Fusarium* spp., y *Helminthosporium* spp., que causan enfermedades de importancia agrícola (Fakhrunnisa y Ghaffar, 2006). Ivic *et al.* (2009) encontraron que 5 al 69 % de las semillas de trigo estaban contaminadas con varias especies de *Fusarium* causantes de pudriciones de raíz y tallo, y además productoras de toxinas nocivas. En almacén,

**Abstract.** This study was done with the aim to identify and quantify the incidence and prevalence of fungi in rainfed wheat seed in the high valleys of Mexico. The seed was collected during spring-summer 2009 and 2010 in 10 locations of Mexico, Puebla and Tlaxcala states. The incidence and frequency of each species was quantified by the Freezing Blotter method. Eleven reported pathogenic species were identified and reported: *Curvularia* sp., *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. verticillioides*, *Helminthosporium cynodontis*, *H. sativum* and *Microdochium nivale*; the most common species was *F. graminearum* with 4 % and the highest species incidence was in Chapingo and Puebla in 2009 and Tlaxcala in 2010.

Additional Keywords: Frequency, incidence, percentage, rainfed, *Triticum aestivum*.

With wheat (*Triticum aestivum* L.) mobilization from one region to another inside the country, organisms that might cause serious problems could be transported and originate serious harms to the crop in the field or could affect the quality when processing the seed (grain). In Mexico, approximately 3.6 million tons of wheat seed are mobilized annually from production areas to processing centers (CANIMOLT, 2010). Fungi transmitted by seed can survive up to 10 years as spores or resting structures inside or outside the seed (OMAFRA, 2009); therefore, seeds are a source of inoculum for the next crop cycle. In the field, the seed is invaded by fungi such as *Fusarium* spp. or *Helminthosporium* spp., which can cause diseases of agricultural importance (Fakhrunnisa and Ghaffar, 2006). Ivic *et al.* (2009) found that 5 to 69 % of wheat seeds were contaminated with several *Fusarium* species causing root and stem rot, and also producing harmful toxins. During storage, the seed can be invaded mainly by *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp., which can cause rotting, decline in physical quality, reduce germination, produce discoloration, cause other biochemical changes as well as synthesis of harmful toxins (Fakhrunnisa and Ghaffar, 2006). In the

la semilla es invadida principalmente por *Aspergillus* spp., y *Penicillium* spp., que ocasionan pudriciones, disminución de la calidad física, reducen la germinación, producen decoloraciones, ocasionan otros cambios bioquímicos, y sintetizan toxinas nocivas (Fakhrunnisa y Ghaffar, 2006). En campo, los daños por hongos transmitidos por semilla son la disminución del porcentaje de germinación y emergencia, muerte de plántulas poco después de la germinación, y las que sobreviven tienen menor vigor y son susceptibles a otras enfermedades (González y Trevathan 2000). En el año 2010, en los Valles Altos de México se produjo el 38 % de trigo bajo temporal (SIAP, 2011). Aunque en estas regiones se han reportado algunas epidemias esporádicas, poco se sabe de la diversidad de hongos que conviven con el cultivo de trigo en México lo que puede representar un problema a futuro (Gilchrist, 2000). Por la problemática anterior, en este estudio se planteó el objetivo de identificar la diversidad y cuantificar la incidencia de hongos en la semilla de trigo de temporal. En diez sitios se tomaron muestras de semilla de trigo sembrado en el ciclo primavera-verano (P-V) en 2009 y 2010 en los estados de México, Puebla y Tlaxcala. En 2010 se muestreó en dos fechas en el sitio Chapingo, Edo. de México (Cuadro 1). Algunas localidades históricamente han sido zonas trigueras. Cuando la semilla completó su madurez fisiológica, de cada parcela se colectó una muestra al azar de cinco espigas de plantas con síntomas de amarillamiento, marchites, manchado de hojas y espigas, etc. El tamaño de parcela fue de cuatro surcos espaciados a 0.30 x 11 m de largo. Las semillas se remojaron durante 3

field, damage by seed transmitted fungi are decrease of seed germination and emergence percentages, seedling death shortly after germination, and those who survive have less strength and are susceptible to other diseases (Gonzalez and Trevathan 2000). In 2010, in the Highlands of Mexico, 38 % of wheat was rainfed produced (SIAP, 2011). Although these regions have reported some sporadic epiphytotic, little is known about the diversity of fungi that live in the Mexican wheat cultivars which can be a problem in the future (Gilchrist, 2000). Due to the problematic mentioned above, the aim of this study was to identify the diversity and quantify the fungal incidence in rainfed wheat seed. Ten sites with wheat seed sown in the spring- summer (SS), 2009- 2010, in the states of Mexico, Puebla and Tlaxcala were sampled. In 2010, two samplings were done in Chapingo, Mexico State (Table 1). Some locations have historically been wheat areas. When the seed completed its physiological maturity, from each lot a random sample of five ears of plants with symptoms of yellowing, wilting, leaf spotting and spikes, etc. was collected. Lot size was four rows spaced at 0.30 x 11 m long. The seeds were soaked during 3 min in (3 %) sodium hypochlorite (to disinfect them) and they were rinsed with sterile distilled water three times. The Freezing Blotter method described by Warham *et al.* (1998) was used: 40 seeds per treatment (six replicates) spaced with a template on wet blotting paper in plastic containers. The containers were sealed with parafilm and incubated at 20 °C during 48 h (12 h white light and 12 h darkness). Later, they were on the freezer at -15 to -20 °C during 24 h to kill the embryo. Lastly, they were left at 20°C

Cuadro 1. Incidencia promedio en porcentaje de hongos patógenos identificados en semilla de trigo por año y por diez sitios durante los ciclos Primavera-Verano 2009 y 2010.

Table 1. Percent average incidence of fungal pathogens identified in wheat seed per year and ten sites during Spring-Summer 2009 and 2010.

Sitio	IP %		Especies identificadas
	2009	2010	
Estado de México			
Chapingo	15 a*	-	<i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. verticillioides</i> y <i>H. sativum</i>
Chapingo 1F	-	12 bc	<i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. verticillioides</i> y <i>H. sativum</i>
Chapingo 2F	-	2 cd	<i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. verticillioides</i> y <i>H. sativum</i>
Coatepec	8 ab	10 bc	<i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. verticillioide</i> , <i>H. cynodontis</i> y <i>H. sativum</i>
Juchitepec	5 b	16 b	<i>Curvularia</i> sp., <i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. verticillioides</i> y <i>H. sativum</i>
Santa Lucía	10 ab	9 bcd	<i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>H. cynodontis</i> y <i>H. sativum</i>
Puebla			
Cuyoaco	14 a	-	<i>F. avenaceum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>H. sativum</i> y <i>M. nivale</i>
Tlaxcala			
Francisco I. Madero	-	27 a	<i>F. graminearum</i> , <i>F. poae</i> , <i>H. sativum</i> y <i>M. nivale</i>
Francisco Villa	-	4 cd	<i>F. graminearum</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>H. sativum</i> y <i>M. nivale</i>
Nanacamilpa	2 b	11 bc	<i>F. equiseti</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. poae</i> y <i>F. verticillioides</i>
Terrenate	6 b	0 d	<i>F. equiseti</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. poae</i> y <i>F. verticillioides</i>
Velasco	4 b	-	<i>Curvularia</i> sp., <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>H. sativum</i> y <i>M. nivale</i>

IP= incidencia promedio; 1F= primera fecha; 2F= segunda fecha; \*= agrupación Tukey, letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales. *F.* = *Fusarium*; *H.* = *Helminthosporium*; *M.* = *Microdochium*.

hipoclorito de sodio (3 %) para desinfectarlas y se enjuagaron con agua destilada estéril tres veces. Se utilizó el método de Freezing Blotter descrito por Warham *et al.* (1998): se colocaron 40 semillas por tratamiento (seis repeticiones) espaciadas con una plantilla sobre papel secante húmedo en contenedores de plástico. Se sellaron los contenedores con parafilm, se incubaron a 20 °C por 48 h (12 h luz blanca y 12 h oscuridad). Posteriormente, se colocaron en el congelador a temperatura de -15 a -20 °C por 24 h para matar el embrión. Finalmente se dejaron a 20 °C por diez días. La identificación de los hongos se realizó considerando las características morfológicas de las colonias (forma, tamaño y color), y con preparaciones temporales del micelio y estructuras de reproducción, con ayuda de un microscopio compuesto. Las colonias, micelio y estructuras reproductivas se caracterizaron con base a Zillinsky (1984), Wiese (1987), Warham *et al.* (1998) y Leslie y Summerell (2006). Se contabilizó el número de semillas sin hongos (sanas), con hongos patógenos y con saprófitos, según lo reportado por la literatura, para todos los sitios muestreados y se obtuvo el porcentaje de incidencia; se hizo un análisis por SAS (Statistical Analysis System) y prueba de comparación de medias Tukey ( $p = 0.05$ ) (Castillo, 2003). También del total de semillas obtenidas por muestra y por sitio, se obtuvo la frecuencia de las diferentes especies de hongos identificadas.

En el ciclo P-V 2009 se identificaron 11 especies reportadas como patógenas y en el ciclo P-V 2010, se identificaron nueve especies (Cuadro 1). Los sitios con

during ten days. The identification was made considering the morphological characteristics of the colonies (shape, size and color), and with temporary mycelium preparations and reproductive structures, with help of a compound microscope. The colonies, mycelium and reproductive structures were characterized based on Zillinsky (1984), Wiese (1987), Warham *et al.* (1998) and Leslie and Summerell (2006). According to literature, the number of seeds without fungi (healthy), with fungal pathogens and saprophytes was registered for all sites sampled and the incidence percentage was obtained; SAS (Statistical Analysis System) analysis was performed as well as Tukey mean comparison ( $p = 0.05$ ) (Castillo, 2003). Also from the total number of seeds obtained by sample and place, the frequency of the different species of fungi identified was obtained.

During 2009 S-S cycle, 11 species were identified and reported as pathogenic, and during 2010 S-S cycle, nine species were identified (Table 1). The sites with higher fungi incidence in 2009 were Chapingo, Mexico State and Cuyoaco, Puebla; and in S-S 2010 was Francisco I. Madero in Tlaxcala. The phytopathogenic fungi identified and their frequencies are listed in Figure 1. These species are the most common pathogens in wheat according to Zillinsky (1984), Wiese (1987) and Warham *et al.* (1998). The incidence of seed-borne fungi in a certain region is directly related to the stage of the plant in which they occur, the amount and rainfall distribution throughout the year (Villaseñor y Espita, 2000).

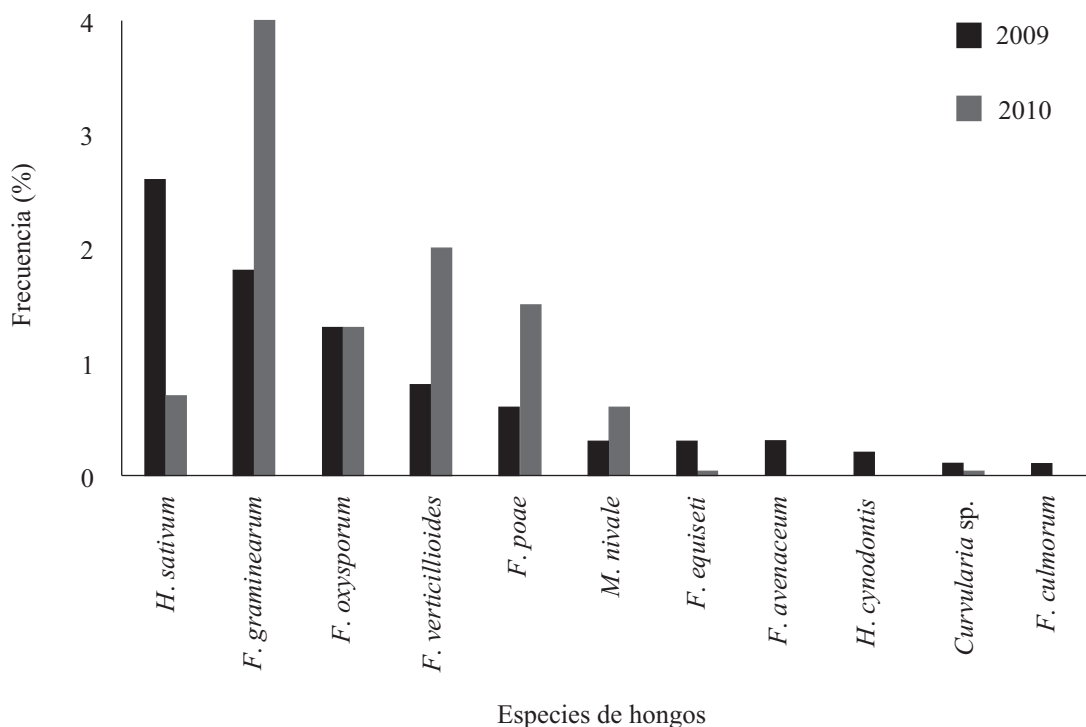


Figura 1. Frecuencia de hongos identificados en los sitios analizados en los ciclos Primavera-Verano 2009 y 2010.

*F.* = *Fusarium*; *H.* = *Helminthosporium*; *M.* = *Microdochium*.

Figure 1. Frequency of fungi identified in the analyzed sites during Spring-Summer 2009 and 2010.

*F.* = *Fusarium*, *H.* = *Helminthosporium*, *M.* = *Microdochium*.

mayor incidencia de hongos en 2009 fueron Chapingo, Estado de México y Cuyoaco, Puebla; y en P-V 2010 fue Francisco I. Madero en Tlaxcala. Los hongos fitopatógenos identificados y su frecuencia se enlistan en Figura 1. Estas especies son los patógenos más comunes en trigo según Zillinsky (1984), Weise (1987) y Warham *et al.* (1998). La incidencia de hongos transmitidos por semilla en una determinada región se relacionan directamente con la etapa de la planta en que se presentan, la cantidad y distribución de la precipitación durante todo el año (Villaseñor y Espita, 2000).

En 2010 predominaron cinco especies. *F. graminearum* Shw. Petch [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] se encontró con una frecuencia de 4 %. Este hongo se ha reportado en Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán y Tlaxcala (Ireta y Gilchrist, 1994) y es importante como patógeno porque produce las toxinas tricotecenos y zearalenona y se reporta que en un 5 % o más de granos infectados hay suficiente cantidad de toxina que puede causar daños al hombre y animales (Prescott *et al.*, 1986). Ivic *et al.* (2009) lo han reportado con frecuencias de 27 % en semilla de trigo y otros cereales, junto con *F. poae* y *F. oxysporum*; y en este estudio estas dos últimas especies se encontraron con frecuencias de 1.5 y 1.3 % respectivamente. La especie *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (*Gibberella moniliformis* Wineland) se encontró con una frecuencia del 2 %. Este hongo ocasiona la pudrición de la mazorca del maíz en los Valles Altos (Pérez *et al.*, 2001). La especie *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett., se encontró con una frecuencia de 0.6 %. Smiley *et al.* (2005) mencionan que es uno de los patógenos que ocasiona pudrición de la corona del trigo y Prescott *et al.* (1986) lo encontraron también en el Estado de México y Valle de Toluca. En 2009 fueron seis especies. *Helminthosporium sativum* P. K. & B., se encontró con la mayor frecuencia de 2.6 % en 2009. En Bangladesh, este hongo es causante de las enfermedades de mayor impacto económico del trigo causando decoloraciones y debilitamiento de plántulas y espigas, granos manchados y espigas estériles (Hossain y Azad, 1992). Las epidemias de *H. sativum* se presentan principalmente en países con climas cálidos y el estrés abiótico influye en el desarrollo y severidad del patógeno (Hudec, 2007). *Curvularia* sp., se encontró con una frecuencia menor al 1 %; Fakhrunnisa y Ghaffar (2006) lo encontraron con frecuencia alta en semillas de trigo. En Pakistán, este hongo junto con *Fusarium* spp., y *Helminthosporium* spp., han sido asociados a pudriciones de la raíz en trigo (Ahmad *et al.*, 2006). *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., se identificó con frecuencia menor al 1 %. Zillinsky (1984) reporta que *F. culmorum* y *F. equiseti* (Corda) Sacc (0.6 %) se ha reportado en cereales en la Meseta Central de México; por su parte Imathiu *et al.* (2010) señala que *F. culmorum* fue una de las especies más agresivas causante de tizón de plántulas en trigo y avena.

Existe una amplia diversidad de hongos en la semilla de trigo colectada en diferentes localidades de los Valles Altos de México. Las especies de hongos patógenos que pueden ser transmitidos por la semilla de trigo son

In 2010 five species predominated. *F. graminearum* Shw. Petch [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] was found at 4 % frequency. This fungus has been reported in Hidalgo, Jalisco, Mexico, Michoacan and Tlaxcala (Iretas and Gilchrist, 1994) and it is important as a pathogen because it produces trichothecenes and zearalenone toxins and it is reported that in 5 % or more of infected kernels there is enough toxin able to cause damage to humans and animals (Prescott *et al.*, 1986). Ivic *et al.* (2009) reported it with 27 % frequency in wheat seeds and other cereals, together with *F. poae* and *F. oxysporum*; in the present study the latter two species were found with frequencies of 1.5 and 1.3 %, respectively. The *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (*Gibberella moniliformis* Wineland) species is found at a 2 % frequency. This fungus causes ear rot of maize in the highlands (Perez *et al.*, 2001). The species *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett., was found with a frequency of 0.6 %. Smiley *et al.* (2005) reported that this fungus is one of the pathogens that cause wheat crown rot and Prescott *et al.* (1986) also found it in Mexico State and Toluca Valley. In 2009 there were six species. *Helminthosporium sativum* P. K. & B., was found with the highest frequency of 2.6 % in 2009. In Bangladesh, this fungus is causing the highest economic impact diseases of wheat causing discoloration and weakening of seedlings and spikes, stained grains and sterile spikes (Hossain and Azad, 1992). *H. sativum* epidemics occur mainly in countries with warm climates, and abiotic stress influences the development and severity of the pathogen (Hudec, 2007). *Curvularia* sp., was found with a frequency less than 1 %; Fakhrunnisa and Ghaffar (2006) observed it very frequently in wheat seeds. In Pakistan, this fungus together with *Fusarium* spp., and *Helminthosporium* spp., has been associated with root rot in wheat (Ahmad *et al.*, 2006). *F. culmorum* (WG Sm.) Sacc., frequently identified less than 1 %. Zillinsky (1984) reported that *F. culmorum* and *F. equiseti* (Corda) Sacc (0.6 %) have been observed in cereals in the Central Plateau of Mexico; on the other hand, Imathiu *et al.* (2010) noted that *F. culmorum* was one of the most aggressive species causing seedling blight in wheat and oats.

There is a wide diversity of fungi on wheat seed collected at different locations in the Highlands of Mexico. Species of pathogenic fungi that can be transmitted by wheat seed are *Curvularia* sp. *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. (0.6%), *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. verticillioides*, *H. cynodontis* Marignoni (0.3%), *H. sativum* and *M. nivale*. The species that appeared most frequently was *F. graminearum*. The incidence of fungal species in different sites differed from year to year because of the changing weather conditions. The presence of these reported fungal pathogens represent a potential danger to the crop as they could cause serious epiphytotics in the future.

**Acknowledgements.** This research was funded by FONDO SECTORIAL-SAGARPA-CONACYT, Project No. 146788.

#### LITERATURACITADA

*Curvularia* sp., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. (0.6 %), *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. verticillioides*, *H. cynodontis* Marignoni (0.3%), *H. sativum* y *M. nivale*. La especie que se presentó con mayor frecuencia fue *F. graminearum*. La incidencia de las especies de hongos en los diferentes sitios difirió de un año a otro dado lo cambiante de las condiciones climáticas. La presencia de estos hongos reportados patógenos del trigo representa un peligro potencial para el cultivo ya que podrían ocasionar epifitas graves en el futuro.

**Agradecimientos.** Esta investigación fue financiada por el FONDO SECTORIAL-SAGARPA-CONACYT Proyecto No. 146788.

- Ahmad I, Iram S and Cullum J. 2006. Genetic variability and aggressiveness in *Curvularia lunata* associated with rice-wheat cropping areas of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 38:475-485.
- Cámara Nacional de la Industria Molinera (CANIMOLT). 2010. Reporte Estadístico al 2010. Revista Digital. [www.canimolt.org/revista-canimol](http://www.canimolt.org/revista-canimol). (Consulta, noviembre 2012).
- Castillo LEM. 2003. Introducción a la Estadística Experimental. Cuarta edición. Universidad Autónoma Chapingo. 277p.
- Fakhrunnisa HMH and Ghaffar A. 2006. Seed-borne mycoflora of wheat, sorghum and barley. *Pakistan Journal of Botany* 38:185-192.
- Gilchrist SLI. 2000. Problemas fitosanitarios de los cereales de grano pequeño en los Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 18:132-137.
- Gonzalez MS and Trevathan LE. 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. *Journal of Phytopathology* 148:77-85.
- Hossain I and Azad K. 1992. Reaction of wheat to *Helminthosporium sativum* in Bangladesh. *Hereditas* 116:203-205.
- Hudec K. 2007. Pathogenicity of fungi associated with wheat and barley seedling emergence and fungicide efficacy of seed treatment. *Biologia* 62:287-291.
- Imathiu SM, Hare MC, Ray RV, Back M and Edwards SG. 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 MJ y Gilchrist L. 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. 2009. *Fusarium* spp., contamination of wheat, maize, soybean, and pea in Croatia. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 60:435-442.
- Leslie JF and Summerell BA. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. Iowa, USA. 388p.
- OMAFRA, Ontario Ministry of Rural Affairs. 2009. Diseases of Field Crops: Cereal Diseases. In: Brown, C. (ed). *Agronomy Guide for Field Crops*. Publication 811. OMAFRA. Ontario, Canada. 300p.
- Pérez BD, Jeffers D, González LD, Khairallah M, Cortés CM, Velázquez CG, Azpiroz RS y Srinivasan G. 2001. Cartografía de QTL de la resistencia a la pudrición de la mazorca (*Fusarium moniliforme*) en maíz de Valles Altos, México. *Agrociencia* 35:181-196.
- Prescott JM, Burnett PA, Saari EE, Ransom J, Browman J, de Milliano W, Sing RP y Bekele G. 1986. Enfermedades y Plagas de Trigo: una guía para su identificación de campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. México, D. F. 135p.
- Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesca (SIAP). 2011. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). (Consulta, noviembre 2012).
- Smiley RW, Gourlie JA, Easley SA and Patterson LM. 2005. Pathogenicity of fungi associated with the wheat crown rot complex in Oregon and Washington. *Plant Disease* 89:949-957.
- Villaseñor MHE y Espitia RE. 2000. El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de México. México. Libro Técnico No. 1. SAGAR-INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. 315p.
- Warham E JL, Butler D y Sulton BC. 1998. Ensayos para la Semilla de Maíz y Trigo: manual de laboratorio. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. México. D. F. 84p.
- Wiese MV. 1987. *Compendium of Wheat Diseases*. The American Phytopathological Society. Second edition. 112p.
- Zillinsky FJ. 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.