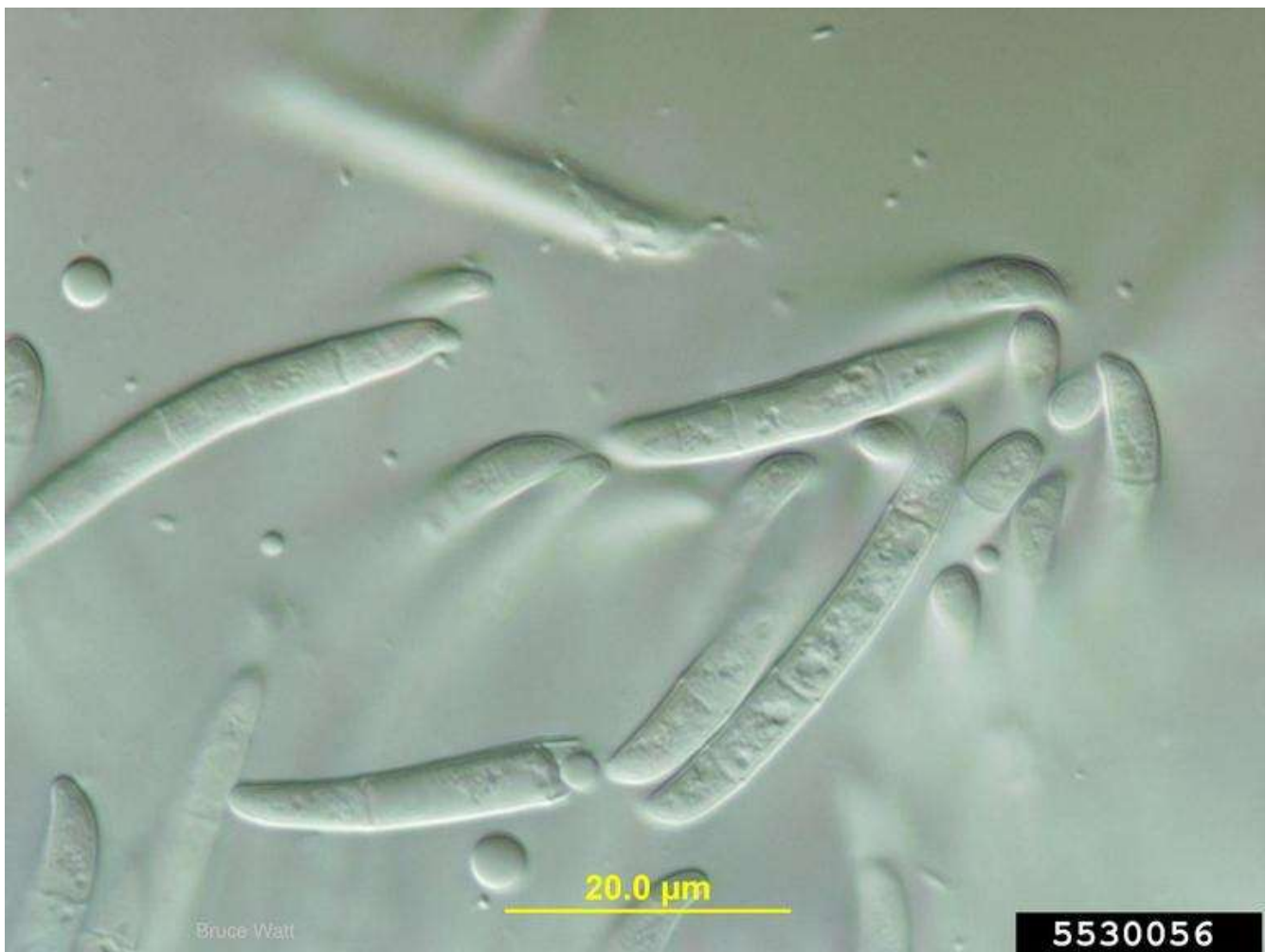


FICHA TÉCNICA

Fusarium spp.

(Hypocreales: Nectriaceae)

Podredumbre de raíces



Créditos: Watt, 2015



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

CONTENIDO

IDENTIDAD DE LA PLAGA	1
Nombre científico	1
Clasificación taxonómica	1
Nombres comunes	1
ESTATUS FITOSANITARIO	1
DISTRIBUCIÓN MUNDIAL	1
IMPORTANCIA ECONÓMICA	1
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	4
HOSPEDANTES	5
BIOLOGÍA Y HÁBITOS	5
Requerimientos de desarrollo	6
Ciclo de vida	7
SÍNTOMAS	8
ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS	8
Dispersión	9
MEDIDAS FITOSANITARIAS	9
Control cultural	10
Control biológico	10
Control físico	10
Control químico	11
LITERATURA CITADA	12



IDENTIDAD DE LA PLAGA

Nombre científico

Fusarium spp.

(EPPO, 2020)

Clasificación taxonómica

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *Fusarium* spp.

Fusarium esquiseti

Fusarium oxysporum

Fusarium proliferatum

Fusarium reticulatum

Fusarium solani

Fusarium subglutinans

(EPPO, 2020)

Nombres comunes

- Podredumbre de raíces
- Pudrición por fusarium
- Marchitez por fusarium

(CABI, 2020; Seminis, 2020).

ESTATUS FITOSANITARIO

De acuerdo con la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias No. 8 "Determinación de la situación de una plaga en un área" (CIPF, 2017), *Fusarium* spp. se encuentra **Presente** en México. La presencia y daños ocasionados en maíz por *Fusarium* han sido reportados en los estados de Tamaulipas, Chiapas, Durango y

Guanajuato (Moreno, 1996; Hernández *et al.*, 2007; Figueroa-Rivera *et al.*, 2010).

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

El género *Fusarium* presenta una distribución cosmopolita y es endémico de zonas maiceras de todo el mundo (Mendoza *et al.*, 2003). En la Tabla 1 se muestra la distribución por especie y hospedante.

IMPORTANCIA ECONÓMICA

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales de mayor producción y consumo a nivel mundial (Torren, 2008). México es productor de diversas variedades, aporta 2.4 % al volumen internacional de maíz, posicionándose en el séptimo lugar como productor mundial. Este cereal ocupó un volumen de la producción nacional de 27 millones de toneladas durante 2018, entre los principales productores se encuentra Sinaloa, Jalisco y Michoacán (SIAP, 2018).

Las especies de *Fusarium* se encuentran entre los patógenos de plantas más comunes y extendidos en el mundo y son de gran importancia económica (Leslie y Summerell, 2006). Muchas especies de plantas se ven afectadas con al menos una enfermedad ocasionada por *Fusarium* (Nelson *et al.*, 1981; Leslie y Summerell, 2006). La American Phytopathological Society informó que 81 de 101 plantas económicamente importantes tienen al menos una enfermedad por

Fusarium (www.apsnet.or / online / common / search.asp). En maíz, *Fusarium* ataca numerosas plantas y cereales que son importantes para la nutrición humana y animal. Infecta específicamente ciertas partes de ellos, como granos, plántulas, mazorcas, raíces o tallos, además, causa diversas enfermedades, provocando la reducción del

rendimiento comercial y disminuyendo la calidad del producto (Montiel-González et al., 2005; Hernández et al., 2007; Lamprecht et al., 2011).

Tabla 1: Especies de *Fusarium*, huésped y distribución geográfica (Leslie y Summerell, 2006 en Babadoost, 2018).

Especies de <i>Fusarium</i>	Plantas hospederas	Distribución geográfica
<i>F. acuminatum</i>	Legumbres	Regiones templadas
<i>F. andiyazi</i>	Sorgo	África, Australia, EE. UU.
<i>F. anthophilum</i>	Muchas especies de plantas	Regiones templadas
<i>F. avenaceum</i>	Claveles, cereales, legumbres	Regiones templadas
<i>F. aywerte</i>	Pastos	Australia
<i>F. babinda</i>	Suelo	Australia
<i>F. begoniae</i>	Begonia	Alemania
<i>F. brevicatenuatum</i>	<i>Striga asiatica</i>	África
<i>F. bulbicola</i>	Especies de plantas de bulbo	Europa
<i>F. camptoceras</i>	Plátano, cacao	Regiones tropicales y subtropicales
<i>F. circinatum</i>	Coníferas	Chile, Japón, México, Sudáfrica, EE. UU.
<i>F. concéntrico</i>	Especies de Musa	Centroamérica
<i>F. crookwellense</i>	Papa, cereales	Regiones templadas
<i>F. culmorum</i>	Cereales	Regiones templadas
<i>F. decemcellulare</i>	Árboles	Regiones tropicales
<i>F. denticulatum</i>	Camote	Brasil, Cuba, Indonesia, Estados Unidos, Zambia
<i>F. foetens</i>	Especies de Begonia	Alemania, Holanda
<i>F. fujikuroi</i>	Arroz	Zonas de cultivo de arroz
<i>F. globosum</i>	Maíz, trigo	África, Japón

**DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
DIRECCIÓN DEL CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA**

<i>F. graminearum</i>	Cebada, Maíz, Trigo	En todo el mundo
<i>F. guttiforme</i>	Piña	Cuba, Sudamérica
<i>F. heterosporum</i>	Mijo, otras hierbas	África
<i>F. hostae</i>	Especies de <i>Hosta</i>	Sudáfrica, EE. UU.
<i>F. konzum</i>	Pastos	EE. UU.
<i>F. lactis</i>	Higo	EE. UU.
<i>F. lateritium</i>	Plantas leñosas	En todo el mundo
<i>F. mangiferae</i>	Mango	África, Asia, EE. UU.
<i>F. musarum</i>	Plátano	Panamá
<i>F. napiforme</i>	Mijo, sorgo	África, Argentina, Australia
<i>F. nelsonii</i>	Alfalfa, sorgo	Sudáfrica
<i>F. nisikadoi</i>	Bambú, trigo	Japón
<i>F. nygamai</i>	Sorgo	Regiones áridas
<i>F. oxysporum</i>	Diversas especies de plantas	En todo el mundo
<i>F. phyllophilum</i>	Especies <i>Dracaena</i> y <i>Sansevieria</i>	Europa, Japón
<i>F. poae</i>	Cereal	En todo el mundo
<i>F. polyphialidicum</i>	Grano de sorgo	Australia, Italia, Sudáfrica
<i>F. proliferatum</i>	Espárragos, maíz, mango, sorgo	En todo el mundo
<i>F. pseudoanthophilum</i>	Maíz	África del Sur
<i>F. pseudograminearum</i>	Cebada, trigo	Zonas más secas en todo el mundo
<i>F. pseudonygamai</i>	Mijo	África, EE. UU.
<i>F. ramigenum</i>	<i>Ficus carica</i>	EE. UU.
<i>F. redolens</i>	Diversos anfitriones	Regiones templadas
<i>F. sacchari</i>	Maíz, caña de azúcar	México, Filipinas
<i>F. semitectum</i>	Plátano	Regiones subtropicales
<i>F. solani</i>	Diversas especies de plantas	En todo el mundo
<i>F. sterilihyphosum</i>	Mango	Sudáfrica
<i>F. subglutinans</i>	Maíz	Zonas frías de cultivo de maíz
<i>F. succisae</i>	<i>Succisa pratensis</i>	Europa
<i>F. thapsinum</i>	Sorgo	Todas las zonas de cultivo de sorgo.



<i>F. torulosum</i>	Varias especies de plantas	Regiones templadas
<i>F. udum</i>	Arveja	Asia meridional, África subsahariana
<i>F. venenatum</i>	Varias especies de plantas	Europa
<i>F. verticillioides</i>	Maíz	En todo el mundo

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

A nivel laboratorio, *Fusarium* spp. presenta características microscópicas propias de la especie. La fiálide es generalmente fina, en forma de botella; simple o ramificada; cortas o largas; monofialídica (que emergen esporas de un poro de la fiálide) o polifialídica (de varios poros). Los macroconidios presentan forma de medialuna, hialinos y septados. Los microconidios, son ausentes en algunas especies, poseen variadas formas (fusiformes, ovales, clavadas, entre otras), agrupaciones (estructuras mucoides llamadas “falsas cabezas”) en cadenas largas o cortas. De igual forma, pueden observarse las clamidosporas características con doble pared gruesa, lisa o

rugosa; de manera aislada, en pareja o en grupo (Tapia y Amaro, 2014).

Las características microscópicas de *Fusarium* spp. varían dependiendo del medio de cultivo en el que se desarrolle. Los cuatro medios utilizados para la identificación de especies de *Fusarium* son el agar de hoja de clavel (Fisher et al., 1982), el agar de dextrosa de papa (PDA) [Nelson et al., 1983], el medio KCI (Fisher et al., 1983) y el agar de suelo (Klotz et al., 1988). El medio PDA permiten observar la morfología de colonia y pigmento (café, rojo, violeta, naranja, gris, blanco) difusible al medio (Figura 1) [Tapia y Amaro, 2014].

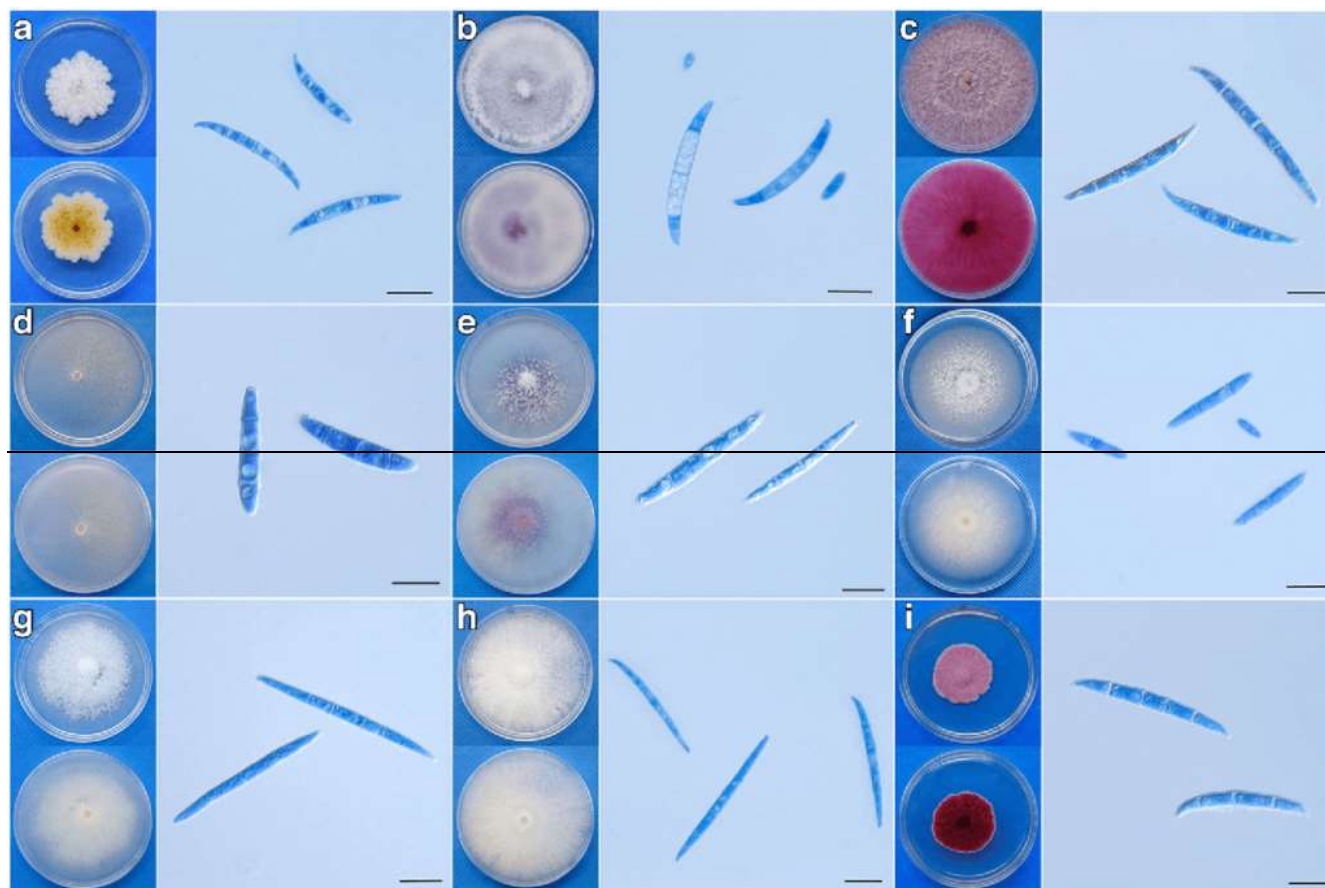


Figura 1: Colonias típicas y macroconidias de aislados de *Fusarium* en medio agar papa-dextrosa y macroconidios en medio de carboximetilcelulosa después de 5 días de crecimiento. a) *F. equiseti*; b) *F. oxysporum*; c) *F. graminearum*; d) *F. solani*; e) *F. commune*; f) *F. verticillioides*; g) *F. proliferatum*; h) *F. fujikuroi*; i) *F. avenaceum*. Barra de escala = 20 μ m. Créditos: Mokobi, 2020.

En campo, *Fusarium* spp. se puede identificar porque forma lesiones hundidas de color negro o marrón en la base de los tallos, además, pueden presentarse manchas rojizas en los pecíolos cercanos a la copa de la planta y, a veces, masas de micelios rosadas o blancas que crecen en la base de los esquejes o en la copa de una planta (Buechel, 2018).

HOSPEDANTES

El género *Fusarium* tiene distribución mundial, varias de sus especies son patógenas

e infectan a una amplia gama de cultivos, entre los más importantes se encuentra el maíz (*Zea mays* L.) trigo (*Triticum* spp.), avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), entre otros (ver Tabla 1) [Santos-Gerardo et al., 2017].

BIOLOGÍA

Fusarium pertenece a un género cosmopolita de hongos imperfectos y es de interés agrícola porque numerosas especies causan enfermedades de una amplia gama de

especies de plantas (Nelson et al., 1981), están ampliamente distribuidas en el suelo y en partes de plantas subterráneas y aéreas, y restos de plantas (Booth, 1971; Burgess, 1981; Gordon, 1959).

Las especies de *Fusarium* son saprofitas en algunas de sus fases de crecimiento y pueden o no desarrollar una fase de reproducción sexual según la especie. Se han descrito estados sexuales (teleomorfos) para algunas especies de *Fusarium*. Todos los teleomorfos conocidos de *Fusarium* spp. están incluidos en el orden Hypocreales de Ascomycota (Samuels et al. 2001), pero se han clasificado en varios géneros diferentes (por ejemplo, Gibberella y Nectria) [Puhalla 1981; Samuels et al. 2001].

Fusarium spp. produce clamidosporas, resistentes al secado y a las condiciones adversas, permiten que el hongo sobreviva períodos prolongados en el suelo, mientras que los conidios, se producen en un esporodio, que es una masa de conidióforos (tallos que contienen conidios) colocados firmemente juntos. Hay dos tipos de conidios: macroconidios (esporas grandes y multicelulares) y microconidios (esporas pequeñas y unicelulares). Los conidios generalmente no se transmiten por el aire, pero el hongo puede transmitirse por el aire en trozos de restos de plantas infectadas, en polvo o en salpicaduras de agua (Koike et al., 2019).

Requerimientos de desarrollo

Las enfermedades causadas por *Fusarium* spp. pueden ser muy agresivas en climas húmedos; en las zonas donde la humedad es baja, la infección la causa casi de manera exclusiva el inóculo presente en residuos de cereales infectados que permanecen en el suelo. El patógeno invade directamente la base de los tallos, cerca o debajo de la superficie del suelo, o entra a la planta a través de las raíces (Cook, 2010). Las esporas de hongos luego germinan en el área afectada (herida), favorecida por la alta humedad y temperaturas (Mokobi, 2020).

La enfermedad por *Fusarium* spp. es más severa cuando existe un desbalance de nitrógeno en relación con el potasio, sobre todo una disminución de la provisión de nitrógeno en etapas avanzadas del ciclo y un exceso de nitrógeno en relación al potasio en las primeras etapas (Herbario virtual, 2020). Además, especies del género *Fusarium* producen una diversidad de tipos de micotoxinas, especialmente en granos, las más frecuente son zearalenona, fumonisina, moniliformina y tricotecenos (toxina T-2 / HT-2, deoxinivalenol, diacetoxiscirpenol, nivalenol) [Logrieco et al., 2002; Desjardinsm 2006; Nesic et al., 2014]



Ciclo de vida

El inóculo primario está presente en los rastrojos y en el suelo, iniciándose la infección en etapas tempranas del cultivo. La podredumbre de las raíces comienza en etapas vegetativas pero pasa desapercibida hasta que comienza la migración de fotosintatos de la base de los tallos a las espigas, con su consecuente debilitamiento. Como la mayoría de los agentes causales son habitantes del suelo, la enfermedad se considera monocíclica, ya que, aunque puede

haber infecciones secundarias, las pérdidas dependen del inóculo presente en los lotes al momento de la siembra (Figura 2) [Fauba, 2020].

En presencia de raíces, las clamidiosporas o conidios germinan y penetran en plantas susceptibles. El hongo ingresa al xilema y crece hacia arriba, tapando el tejido y reduciendo el movimiento del agua. Se producen toxinas que hacen que el follaje se vuelva amarillo (Koike *et al.*, 2019).

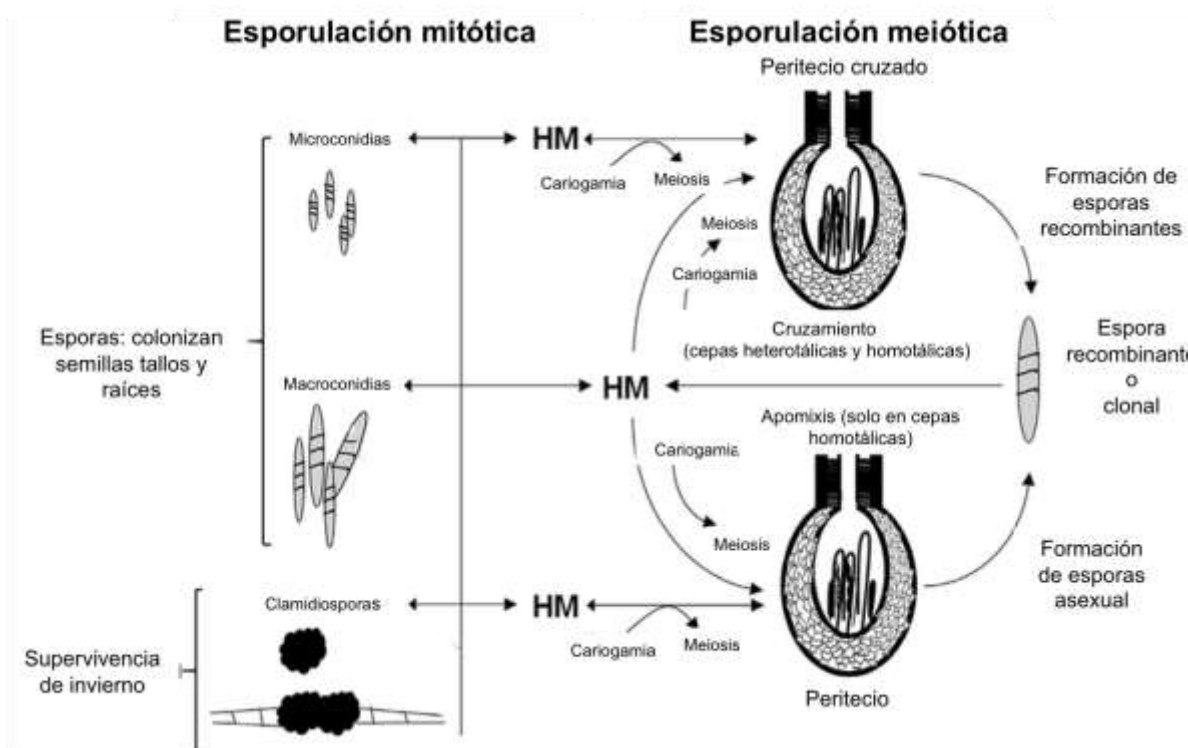


Figura 2: Ciclo de vida generalizado de *Fusarium* spp. Después de la plasmogamia y la cariogamia, el peritecio produce esporas meióticas recombinantes y clonales respectivamente. Estos forman micelio haploide (HM) que a su vez forman tres tipos de esporas mitóticas. Mientras que las conidias (micro o macroconidias) pueden colonizar al huésped, las clamidiosporas, además de la colonización directa del cultivo, pueden pasar el invierno y convertirse en peritecio para reiniciar el ciclo cuando las condiciones son favorables. Créditos: Dweba *et al.*, 2016.

SÍNTOMAS

Fusarium spp. en maíz puede causar daño en todas las etapas del cultivo, puede atacar las plantas en su follaje, raíces y, en algunas ocasiones, en semillas de árboles de vivero, provoca una gran cantidad de síntomas, desde manchas foliares hasta marchites y pudrición de los esquejes, la copa, el bulbo y hasta de la raíz (Figueroa-Rivera et al., 2010; Buechel, 2018).

En semilla, el micelio puede invadir y ocasionar manchas en las cubiertas externas, causando además disminución de la germinación por la muerte del embrión (Cisneros, 2004; Morales et al., 2007; González et al., 2007). En maíz, la pudrición de tallo y mazorca está asociado con *F. verticillioides* (Cao, 2012) y *F. graminearum* (Quesada-Ocampo, 2016; Gai et al., 2017).

En plántula y planta adulta, ocasiona acame (doblez o inclinación que sufre el tallo de las plantas). Cuando la enfermedad es severa, las plantas pueden marchitarse y morir rápidamente, conforme progresa la enfermedad, todo el sistema de raíces se torna café y con frecuencia se pudre la raíz primaria. Aparecen lesiones color café chocolate al nivel del suelo (o cerca del nivel del suelo), las cuales se expanden al sistema vascular. Esta decoloración vascular café normalmente no se extiende por más de 25 cm sobre el nivel del suelo, lo cual ayuda a diferenciar esta enfermedad de la Marchitez por fusarium.

Cuando la humedad es adecuada, se puede observar la esporulación del hongo en las lesiones expuestas (Seminis, 2020).

Las plantas que se ven impactadas gravemente por esta enfermedad radicular se marchitan y mueren, pero inspeccionar el sistema radicular frecuentemente es una buena forma de verificar si está presente la enfermedad antes de que esté muy avanzada para controlarla (Buechel, 2018). La pudrición de la raíz por *Fusarium* spp. aparece normalmente en la propagación como pudrición de los esquejes y puede que no siempre sea el agente patógeno principal involucrado. Las raíces saludables de una planta son generalmente blancas y firmes, mientras que las raíces podridas pueden parecer impregnadas de agua y tener un color marrón (Figura 3) [Buechel, 2018].

ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

La infección se desarrolla en las raíces de alimentación y en lesiones causadas por la formación secundaria de raíces. Las temperaturas de suelo frías (20 °C) favorecen el desarrollo de la enfermedad (Seminis, 2020). Los marchitamientos de *Fusarium* spp. son beneficiados por las altas temperaturas del aire y del suelo (24 °C a 30 °C) y la enfermedad puede no ocurrir a bajas temperaturas del suelo (por debajo de 20 °C). Una planta infectada puede permanecer sin síntomas a temperaturas más bajas (Koike et al., 2019).

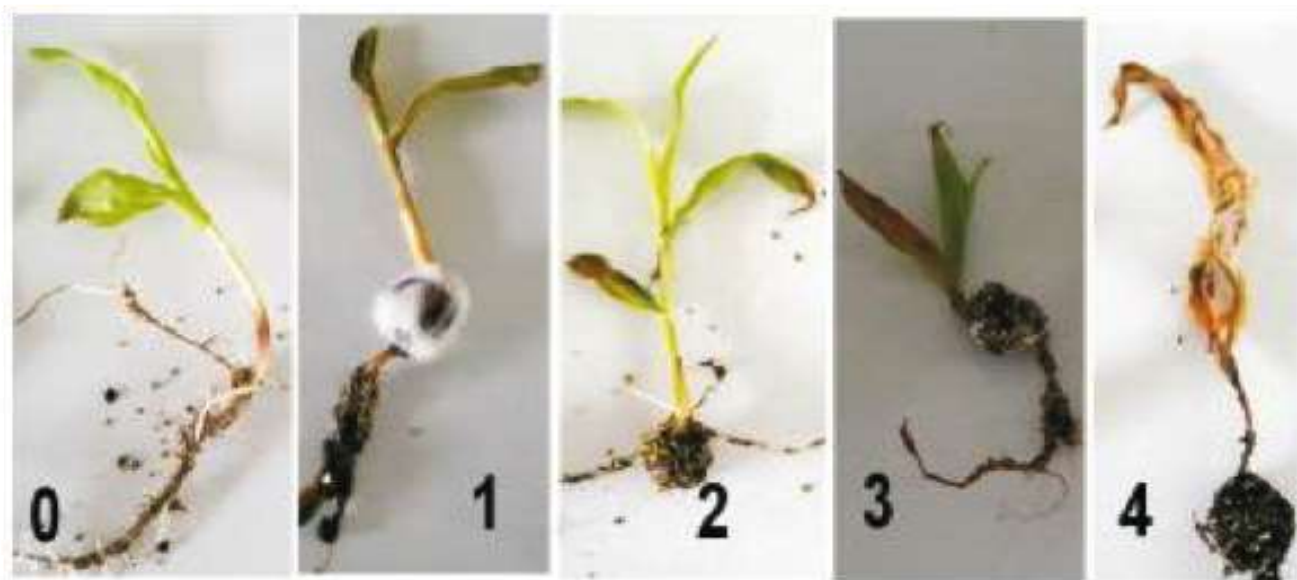


Figura 3: Escala del daño causado por *Fusarium* spp., en plántulas de variedades criollas de maíz a los 21 días después de la inoculación del hongo. Créditos: Figueroa-Rivera *et al.*, 2010.

Dispersión

Fusarium spp. pasa el invierno durante muchos años en el suelo, en los residuos de cultivos de plantas infectadas por clamidosporas (células de micelio de paredes gruesas) o micelio. El hongo puede sobrevivir en el suelo, plantas infectadas y raíces del huésped, en comparación con los patógenos que propagan las partes aéreas de las plantas. Sin embargo, los procesos por los cuales *Fusarium* spp. infecta a sus huéspedes no se conocen bien (Haruhisa y Hyakumachi, 2004).

La infección primaria es transmitida por semillas o se produce como infección de las raíces en la punta de la raíz o en pequeñas heridas. El hongo se puede propagar mediante el uso de esquejes infectados u otras formas de propagación vegetativa tomadas de

plantas sanas pero infectadas (Koike *et al.*, 2019).

Por otra parte, los conidios del hongo se pueden propagar en la tierra, maquinaria agrícola y en agua de riego, además, se dispersan en la atmósfera y se transportan en el aire, colonizando plantas aéreas y causando enfermedades (Seminis, 2020; Buechel, 2018; Koike *et al.*, 2019; Mokobi, 2020). Las especies de *Fusarium* están ampliamente distribuidas y tienen mecanismos de dispersión eficientes, por lo que también crecen en una amplia gama de sustratos (Mokobi, 2020).

MEDIDAS FITOSANITARIAS

Para las enfermedades causadas por agentes patógenos transmitidos por el suelo, como los marchitamientos por *Fusarium* (que son principalmente de naturaleza monocíclica), los

métodos de control deben estar dirigidos a excluir el patógeno, así como a reducir la cantidad y / o eficiencia del inóculo inicial. Las estrategias deberán incluir (Jiménez-Díaz, 2009; Jiménez-Díaz y Jimenez-Gasco, 2011):

- El uso de material de siembra libre de patógenos.
- Selección del sitio para evitar plantar en suelos de alto riesgo.
- Reducción o eliminación del inóculo de *Fusarium* en el suelo.
- El uso de agentes de biocontrol para la protección del material de siembra sano de la infección por inóculo residente o entrante posterior a la siembra.
- Uso de cultivares resistentes independientemente del nivel de resistencia.
- Elección de prácticas de cultivo para evitar condiciones que favoreciendo la infección de la planta.

Control cultural

La incidencia de enfermedades está relacionada con la susceptibilidad intrínseca de algunos materiales de maíz, el manejo agronómico y las condiciones ambientales a las que se exponen las plantas durante su desarrollo son importantes de considerar, entre ellas se encuentran (Jiménez-Díaz y Jimenez-Gasco, 2011; Koike *et al.*, 2019; Herbario virtual, 2020):

- Rotación de cultivos para reducir el potencial de la enfermedad o mitigar los efectos de la enfermedad en el rendimiento del cultivo, sin embargo, la capacidad de las clamidosporas permiten una larga supervivencia en el suelo.
- Cosecha anticipada y control de enfermedades foliares.
- Siembra perpendicular a los vientos predominantes, para facilitar la recolección de plantas volcadas.
- Mantener un balance nutricional entre Nitrógeno/Potasio. La calificación de suelos y el uso de fertilizantes nitrogenados han sido efectivos para el manejo de *Fusarium spp.*
- Mantener buen drenaje/manejo del riego.

Control biológico

El uso de hongos micoparasitarios como *Trichoderma harzianum* puede usarse como agente de biocontrol contra *Fusarium*. El parásito ha demostrado tener un efecto antagónico contra *Fusarium* que causa pudrición de tallo, raíz y mazorca (Mokobi, 2020). Por otra parte, el uso del biofungicida comercial *Streptomyces griseoviridis* se puede usar tanto en plantas cultivadas en campo como en invernadero (Koike *et al.*, 2019).

Control físico

Solarización de suelos: Este es un proceso hidrotérmico que ocurre cuando el suelo

húmedo está cubierto con láminas de polietileno o polivinilo de plástico transparente (25 a 50 μm) durante un período de alta temperatura y radiación solar intensa. Las temperaturas máximas promedio del suelo solarizado fue 50.7 °C a 5 cm y 40.8 °C a 15 cm, mientras que las temperaturas máximas promedio del suelo no solarizado fueron 37.6 °C y 32.4 °C, respectivamente (Jiménez-Díaz y Jimenez-Gasco, 2011).

Inundación: Puede considerarse como un método de desinfestación del suelo que perjudica a los patógenos transmitidos por el suelo mediante la reducción de O_2 , el aumento de CO_2 o una diversidad de interacciones microbianas que resultan en sustancias tóxicas para los patógenos en los procesos anaeróbicos (Bruchl, 1987). Las inundaciones pueden usarse como una práctica cultural para el manejo de *Fusarium* solo en países donde hay grandes recursos de agua disponibles y la tierra nivelada es adecuada para la construcción de retención de agua (Jiménez-Díaz y Jimenez-Gasco, 2011).

Saneamiento. Este método de control de enfermedades incluye prácticas que eliminan y destruyen (incinerar) fuentes de inóculo de plantas afectadas o escombros infestados. La infección sistémica de la planta huésped que caracteriza por el marchitamiento, dando lugar a la formación de abundantes clamidosporas que pueden incorporarse al suelo después de la cosecha de los cultivos

afectados y contribuir a la acumulación de inóculo transmitido por el suelo (Jiménez-Díaz y Jimenez-Gasco, 2011).

Control químico

Las poblaciones de hongos pueden reducirse del suelo mediante fumigación química (Koike et al., 2019; Mokobi, 2020):

Fumigación de suelo

- Bromuro de metil. Aplicar bajo una cubierta a prueba de gas (láminas de polietileno se usan comúnmente para confinarlo).
- Bromuro de metil y Cloropicrina. Inyectar en el suelo y cubrir inmediatamente con lonas de plástico
- Cloropicrina. No debe utilizarse en suelos pesados en los que se vayan a cultivar claveles o gladiolas, o en viveros de cítricos. Debe estar retenido en el suelo de 48 a 96 horas.

Sin embargo, la eficiencia de la fumigación del suelo se ve limitada por la supervivencia de los patógenos en las capas del suelo por debajo de la profundidad de la fumigación efectiva, o por la reintroducción de ellos a través de material de siembra infectado o por conidios transportados en el aire o agua de riego (Katan et al., 1997).

Fungicida del suelo

- Tiofanato-metil. Aplicar como un empapado en la siembra.



- Prodone. Aplicar como un empapado en la siembra o trasplante.

Nota: Al elegir un fungicida, tener en cuenta las propiedades generales del ingrediente activo, así como la información relacionada con el impacto ambiental.

LITERATURA CITADA

Babadoost M. 2018. Fusarium: Historical and Continued Importance. En línea: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74147>

Fecha de consulta: julio de 2020.

Booth C. 1971. The Genus Fusarium, p. 237. Commonwealth Mycology Institute, Kew, Surrey, England.

Bruehl, G.W. 1987. Soil-Borne Plant Pathogens, MacMillan, New York.

Buechel T. 2018. Perfil de las enfermedades radiculares: Fusarium. En línea:

[https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/perfil-de-las-enfermedades-](https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/perfil-de-las-enfermedades-radiculares-fusarium/)

[radiculares-fusarium/](https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/perfil-de-las-enfermedades-radiculares-fusarium/) Fecha de consulta: julio de 2020.

Burgess LW. 1981. General ecology of the fusaria, p. 225-235. In P. E. Nelson, T. A. Toussoun, and R. J. Cook (ed.), Fusarium: diseases, biology, and taxonomy. Pennsylvania State University Press, University Park.

CABI. 2020. Fusarium. En línea: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/24607>

Fecha de consulta: julio de 2020.

Cao A. 2013. Prevención de la contaminación con fumonisinas en el maíz. Universidad de Vigo-Misión Biológica de Galicia. En línea:

https://digital.csic.es/bitstream/10261/168778/3/Cao_Prevencion_contaminacion...pdf Fecha de consulta: julio de 2020.

CIPF. 2017. Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 8 Determinación de la situación de una plaga en un área. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. En línea:

https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/06/ISPM_08_1998_Es_2017-04-22_PostCPM12_InkAm.pdf Fecha de consulta: julio de 2020.

Cook RJ. 2010. Fusarium root, crown and foot roots and associated seedling diseases. p. 37-39. In Bockus, W.W., R.L. Bowden, R.M. Hunger, W.L. Morrill, T.D. Murray, and R.W. Smiley (eds.). Compendium of Wheat Diseases and Pests. 3rd. ed. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Desjardins AE. 2006. Fusarium Mycotoxins: Chemistry, Genetics, and Biology. The American Phytopathological Society: St. Paul, MN, USA; 2006. p. 260.

Dweba C, Figlan S, Shimelis H, Motaung T, Sydenham S, Mwadzingeni L, Tsilo T. 2016.

Fusarium head blight of wheat: Pathogenesis and control strategies. Crop Protection. 91. 114-122. 10.1016/j.cropro.2016.10.002.

EPPO. 2020. Fusarium. En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/IFUSAG> Fecha de consulta: julio de 2020.

Fauba (Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires). 2020. Vuelco del Maíz (Podredumbres de raíces y base del tallo). En línea:

http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=175 Fecha de consulta: julio de 2020.

Figueroa-Rivera MG, Rodríguez-Guerra R, Guerrero-Aguilar BZ, González-Chavira MM, Pons-Hernández JL, Jiménez-Bremont JF, Ramírez-Pimentel JG, Andrio-Enríquez E, Mendoza-Elos M. 2010. Caracterización de Especies de *Fusarium* Asociadas a la Pudrición de Raíz de Maíz en Guanajuato, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(2), 124-134.

Fisher NL, Burgess LW, Toussoun TA, Nelson PE. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving *Fusarium* species. *Phytopathology* 72:151-153.

Fisher NL, Marasas MW, Toussoun TA. 1983. Taxonomic importance of microconidial chains in *Fusarium* section *Liseola* and effects of water potential on their formation. *Mycologia* 75:693-698.

Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy. University Park: The Pennsylvania State University Press, pp 291- 305.

Gai X, Xuan YH, Gao Z. 2017. Diversidad y patogenicidad del complejo de especies de *Fusarium graminearum* de cepas de maíz y podredumbre del oído en el noreste de China. *Plant Pathology*, 66, 1267-1275.

Gordon WL. 1959. The occurrence of *Fusarium* species in Canada. VI. Taxonomy and geographic distribution of *Fusarium* species on plants, insects, and fungi. *Can. J. Bot.* 37:257-290.

Haruhisa S, Hyakumachi M. 2004. Genomics of Phytopathogenic *Fusarium*. *Applied Mycology and Biotechnology*. 4. 161-189.

Herbario virtual. 2020. Vuelco de maíz (Podredumbre de raíces y base del tallo). En línea:

http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=175 Fecha de consulta: julio de 2020.

Hernández DS, Reyes LA, García OGJ, Mayek PN, Reyes MCA. 2007. Incidencia de hongos potencialmente toxígenos de maíz (*Zea mays* L.) Almacenado y Cultivado en el Norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25:127-133.

Hernández DS, Reyes LA, García OGJ, Mayek PN, Reyes MCA. 2007. Incidencia de hongos potencialmente toxígenos de maíz (*Zea mays* L.) Almacenado y Cultivado en el Norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25:127-133.

Jiménez Díaz RM. 2009. El Nuevo Sistema Agroalimentario Global. Mediterráneo Económico 15, Fundación CAJAMAR, El Ejido (Almería),163.

Jiménez-Díaz R, Jimenez-Gasco MM. 2011. Integrated Management of *Fusarium* Wilt Diseases. En línea: <https://www.researchgate.net/publication/249009577> Fecha de consulta: julio de 2020.

Katan T, Shlevin E, Katan J. 1997. Sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on Stem Surfaces of Tomato Plants and Aerial Dissemination of Inoculum *Phytopathology*, 87, 712.



Klotz LV, Nelson PE, Toussoun TA. 1988. A medium for enhancement of chlamydospore formation in *Fusarium* species. *Mycologia* 80:108-109.

Koike ST, Wilen CA, Raabe RD, McCain AH, Grebus ME. 2019. *Fusarium* Wilt. En línea: <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r280100811.html>

Fecha de consulta: julio de 2020.

Lamprecht SC, Tewoldemedhin YT, Botha WJ, Calitz FJ. 2011. *Fusarium* graminearum species complex associated with maize crowns and roots in the KwaZulu-Natal Province of South Africa. *Plant Disease*. 2011;95:1153-1158. DOI: 10.1094/PDIS-02-11-0083

Leslie JF, Summerell BA. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing. 387 p.

Logrieco A, Bailey JA, Corazza L, Cook BM. 2002 *Mycotoxins in Plant Disease*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 734 p

Mendoza EM, López BAO, Oyervides GA, Martínez ZG, De León C, Moreno ME. 2003. Herencia genética y citoplásmica de la resistencia a la pudrición de la mazorca de maíz (*Zea mays* L.) causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 267-271.

Mokobi F. 2020. *Fusarium* spp. En línea: <https://microbenotes.com/fusarium-spp/>

Fecha de consulta: julio de 2020.

Montiel-González L, González-Flores F, Sánchez-García BM, Guzmán-Rivera S, Gámez-Vázquez FP, Acosta-Gallegos JA, Rodríguez-Guerra R, Simpson WJ, Cabral-

Enciso M, Mendoza-Elos M. 2005. Especies de *Fusarium* (Link) presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudriciones, en cinco estados del centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23: 1-10.

Moreno ME. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México. 383 p.

Nelson Memorial Symposium. St. Paul, MN: American Phytopathological Society Press, pp 1-14.

Nelson PE, Toussoun TA, Marasas WF. 1983. *Fusarium* species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park.

Nelson PE, Toussoun TA, Cook RJ. 1981. *Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy*. University Park, Pennsylvania, USA: Pennsylvania State University Press; 457 p

Nesic K, Ivanovic S, Nesic V. 2014. Fusarial toxins: secondary metabolites of *Fusarium* fungi. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 2014;228:101-120

Puhalla JE. 1981. Genetic considerations of the genus *Fusarium*. In: PE Nelson, TA Toussoun and RJ Cook ed.

Quesada-Ocampo L, Al-Haddad J, Scruggs A, Buell C, Trail F. 2016. Susceptibility of Maize to Stalk Rot Caused by *Fusarium* graminearum Deoxynivalenol and Zearalenone Mutants. *Phytopathology*. 106. 920-927.



Samuels GJ, Nirenberg HI and Seifert KA (2001). Perithecial species of *Fusarium*. In: B Summerell, ed. Paul E

Santos-Gerardo LM, Vega-Portillo HE, Villaseñor-Mir HE, Tlapal-Bolaños B, Vargas-Hernández M, Camacho-Tapia M, Tovar-Pedraza JM. 2017. Caracterización de especies de fusarium causantes de pudrición de raíz del trigo en el bajío, México. Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia. 33(2):142-151.

Seminis, 2020. Podredumbre de cuello y raíces por *Fusarium*. Bayer Cross Design and Seminis. En línea: <https://www.seminis-las.com/recursos/guias-de-enfermedades/tomates/fusarium-crown-root-rot/> Fecha de consulta: julio de 2020.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Atlas Agroalimentario. En línea: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018 Fecha de consulta: julio de 2020.

Tapia C, Amaro J. 2014. Género *Fusarium*. Revista chilena de infectología, 31(1), 85-86. En línea: <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000100012> Fecha de consulta: julio de 2020.

Torren, FA. 2008. Rodríguez-Montessoro, R; De León, C. In El cultivo del maíz; temas selectos. 1ra Ed. Mundi- Prensa. 126 p.

Watt B. 2015. *Fusarium* wilts, blights, rots and damping-off (*Fusarium* sp.). University of

Maine, Bugwood.org. En línea: <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5530056> Fecha de consulta: julio de 2020.

Forma recomendada de citar:

DGSV-CNRF. 2020. Podredumbre de raíces por *Fusarium* spp (Hypocreales: Nectriaceae) en maíz. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 15 p.

Nota: Las imágenes contenidas son utilizadas únicamente con fines ilustrativos e informativos, las cuales han sido tomadas de diferentes fuentes otorgando los créditos correspondientes

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula

Director en Jefe del Servicio Nacional de Sanidad,
Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga

Director General de Sanidad Vegetal

Ing. Francisco Ramírez y Ramírez

Director del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

M.C. Guillermo Santiago Martínez

