

FICHA TÉCNICA

MARCHITEZ DEL AGAVE



Fusarium verticillioides

Créditos: Castro-Valera, 2003

Oficina Ejecutiva

Órgano Interno de Control en el SENASICA

+52 (55) 5375 1000 ext. 31648
+52 (55) 3371 3300 ext. 30385

Dirección

Campesino Fitosociocientífico

01 800 957 9879

www.senasica.gob.mx

www.sagarpa.gob.mx

SAGARPA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD
AGROALIMENTARIA

CONTENIDO

IDENTIDAD 1
 Nombre científico 1
 Clasificación taxonómica 1
 Sinonimia 1
 Nombre común..... 1
IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PLAGA 1
SITUACIÓN FITOSANITARIA EN MÉXICO 2
HOSPEDANTES 2
DISTRIBUCIÓN MUNDIAL 2
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA 2
ASPECTOS BIOLÓGICOS 2
 Ciclo de vida 2
SÍNTOMAS 3
ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS 4
 Epidemiología de la plaga 4
 Dispersión 5
METODOS DE DETECCIÓN 5
MUESTREO 5
MEDIDAS DE MANEJO Y CONTROL 6
 Control legal 6
 Control cultural 7
 Control biológico 8
 Control químico 9
LITERATURA CITADA 9

IDENTIDAD

Nombre científico

Fusarium verticillioides

Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Gibberella*

Género: *Fusarium* (anamorfo)

Especie: *Fusarium verticillioides*

Sinonimia

Fusarium moniliforme

Nombre común

Marchitez del agave.

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PLAGA

Fusarium verticillioides (Sacc.) Nirenberg (sinónimo: *F. moniliforme*) pertenece a la sección Liseola del complejo de especies de *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenw., la cual puede ser subdividida en al menos ocho especies biológicas genéticamente distintas. *F. verticillioides* ha sido asociado con algunas enfermedades en humanos como la eumicetoma, hialohifomicosis y queratitis, pero su principal importancia radica en la agricultura. Este hongo es considerado un problema primario como patógeno en maíz, el cual se presenta en todo el mundo en las zonas tropicales y subtropicales. También ha sido aislado de otros cultivos como trigo, arroz, avena y sorgo (Bacon y Nelson, 1994 citado por Granjo *et al.*, 2007). *F. verticillioides* puede producir ácido fusarico, fusarinas y principalmente fumonisinas, la

toxina más importante producida por este hongo (CAST, 2003 citado por Granjo *et al.*, 2007).

En México, en el cultivo de sorgo, en la región de la Ciénega de Chapala, Jalisco, llega a ocasionar pérdidas superiores al 50%. Por otra parte, en el cultivo del maíz específicamente en el región de Chalco, Estado de México, la pudrición de la mazorca provoca pérdidas del 30 al 50% de la producción, de acuerdo a las estimaciones de los productores de la zona (Martínez-Ramírez *et al.*, 2005; Pérez-Rodríguez, 2014).

En lo que respecta al agave, Luna-Hernández (1996), Virgen-Calleros (2000) y Fucikovskyy-Zak (2000), reportaron a *Fusarium oxysporum* y *Thielaviopsis paradoxa* como agentes causales de la marchitez del agave. *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. moniliforme* han sido aislados repetidamente de tallos de plantas de agave tequilero con el mismo síntoma (Loera, 2000; Castañeda, 2002). Esta enfermedad se ha reportado en 11 municipios productores de agave tequilero en los Altos y Centro del estado de Jalisco (Aceves, 2003). Los censos de planta y condición fitosanitaria de la misma, realizados por el Consejo Regulador del Tequila, durante 2006, 2007 y 2008, reportaron a la marchitez del agave como la de mayor incidencia en el estado de Jalisco y la de mayor importancia. En general, en casi cualquier planta de agave de la cual se tomen algunas muestras de raíz, se aislará a *Fusarium* spp., pese a que la planta no manifieste síntomas, esto se debe a que el hongo es habitante natural del suelo; además, de ser parásito facultativo, puede sobrevivir en materia orgánica sin que haya un hospedante establecido (Tlapal-Bolaños, 2013).

SITUACIÓN FITOSANITARIA EN MÉXICO

F. verticillioides se encuentra presente en México, afecta principalmente al cultivo de maíz, trigo, cebada, sorgo, triticale y agave (Loera, 2000; Castañeda, 2002; Martínez-Ramírez *et al.*, 2005; Pérez-Rodríguez, 2014). Se ha reportado en la región de Valles Altos, El Bajío y en los estados de Tamaulipas, Jalisco, Veracruz, Chiapas y Sonora (Pérez-Rodríguez, 2014).

HOSPEDANTES

F. verticillioides es un patógeno no obligado, que no tiene un hospedero específico y se puede encontrar en sorgo, trigo, avena, arroz, algodón, frijol, tomate, cacahuate, plátano, soya, pimiento verde y especies forrajeras; sin embargo, su hospedante más importante es el maíz. También se puede encontrar en zacate pitillo (*Ixophorus unisetus*), un hospedante silvestre y que se considera como fuente de inóculo primario (Cantú-Rodríguez, 1998; Martínez-Ramírez *et al.*, 2005).

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

F. verticillioides (= *F. moniliforme*) es capaz de colonizar alrededor de 1,000 especies de plantas, entre las cuales una de las más importantes es el maíz debido a su uso alimenticio. La pudrición de la mazorca, se encuentra entre las enfermedades más importantes a nivel mundial, se presenta principalmente en los países de África, América y Asia (Bacon y Yates, 2006; Pérez-Rodríguez, 2014).

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

F. verticillioides, presenta macroconidios en forma de hoz, con las superficies dorsal y ventral casi paralelas, de pared delgada con una célula basal o pie distinta y una célula apical que a menudo es

alargada. Microconidios unicelulares, ovoides a obovoides, con una base truncada. Las microconidias se desarrollan en cadenas largas y cabezas falsas, las microconidias en cadenas tienen una base truncada. Una cabeza falsa consiste en una gota de humedad en la punta del microconidióforo que sostiene el microconidio en su lugar a medida que se desarrollan. Los microconidióforos son monofialides largas no ramificadas y ramificadas (Nelson, 1992).

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Ciclo de vida

El ciclo de vida de este hongo está compuesto de un estado saprofito y otro parasítico. Durante el estado saprofito *F. verticillioides* obtiene los nutrientes de los tejidos muertos produciendo estructuras infectivas para establecer una enfermedad. Por otro lado, durante el estado parasítico, el hongo obtiene sus nutrientes de las células del hospedante después de una colonización intracelular. Usualmente muchos patógenos no obligados destruyen las células de su hospedante, avanza la infección y obtiene sus nutrientes del tejido muerto. Las enfermedades sintomáticas y la muerte de las plantas de maíz no son muy comunes, pero el estado parasítico es responsable de la pérdida económica. En los tejidos enfermos se encuentran altas concentraciones de fumonisinas y en la fase asintomática con frecuencia contiene bajas concentraciones; esto es importante para la salud del ser humano, ya que el maíz asintomático es utilizado para su alimentación (Cantú-Rodríguez, 1998).

Los factores principales que tienen influencia en el desarrollo de *F. verticillioides* incluyen a la temperatura ambiental y la humedad en el sustrato.

El crecimiento del hongo entre un amplio rango de temperaturas, con un óptimo que va de los 22.58 °C a 27.58 °C, con un máximo de 32-37 °C y un mínimo de 2.5-5 °C (Bacon y Nelson, 1994 citado por Granjo *et al.*, 2007).

En condiciones *in vitro*, la producción de microconidios se presenta entre el día 3 al 28; el crecimiento vegetativo y reproductivo del hongo ocurre entre el día 3 y 18, período en el cual se presenta también la máxima frecuencia de conidios, hifas viables, fialides y microconidios en cadena y falsas cabezas. Entre los 22 y 24 días se observa el desarrollo de intumescencias (aumento de volumen) en ciertas regiones de las hifas, estas dan lugar a estructuras globulares semejantes a clamidiosporas (Granjo *et al.*, 2007). De acuerdo a Leslie y Summerell (2006) *F. verticillioides* no produce clamidiosporas, aunque en algunos aislamientos se pueden observar hinchamientos en células de las hifas que pueden ser confundidos como clamidiosporas. Posteriormente se presenta un decremento en la cantidad de hifas, la cual se debe probablemente a la muerte de estas (Figura 1) (Granjo *et al.*, 2007).

Con respecto a la fase de crecimiento logarítmico, se ha observado que el máximo crecimiento se presenta entre los 40 y 44 días, un período durante el cual todos los conidios son viables (Bacon y Nelson, 1994 citado por Granjo *et al.*, 2007). De acuerdo a la literatura la producción de micotoxinas inicia durante este período (Weinberg, 1971). Asimismo, durante la fase de crecimiento logarítmico, el porcentaje de conidios viables alcanzan su nivel máximo en el día 40 (Figura 1).

Por otra parte, Voorhees (1934) describe que en maíz, la infección inicial por *F. verticillioides* en las raíces inicia en la radícula primaria mediante la entrada del hongo por la epidermis; sin embargo, la infección también puede ocurrir a través de las rupturas producidas por la emergencia de raíces laterales nuevas.

SÍNTOMAS

Se ha reportado a *Fusarium* sp., causando el síntoma de anillo rojo que se caracteriza por el desarrollo de bandas de color rojo, las cuales pueden penetrar y afectar al cogollo; la costra causa obstrucción de los tejidos y pérdida de la actividad fotosintética del área foliar, dando como resultado plantas pequeñas, con un pobre crecimiento y desarrollo (Figura 2). En la lesión también pueden encontrarse bacterias. También se reporta a este hongo como asociado a la punta seca en donde los síntomas inician con un amarillamiento del ápice en las hojas más jóvenes, posteriormente ocurre la muerte de la hoja (CESAVEG, 2008).

Martínez *et al.* (1998) mencionaron que el hongo *Fusarium* sp. produce síntomas iniciales como el enrollamiento y decoloración de las hojas que contrastan con el color azul típico de las plantas sanas, causando también una pudrición seca del sistema radical, dejando una apariencia polvosa que avanza hacia la piña, también se le llama muerte ascendente.

Por otra parte, Valenzuela (1997) describió que los principales síntomas son: falta de crecimiento, desprendimiento de las pencas del cogollo y coloración roja del interior de la piña.

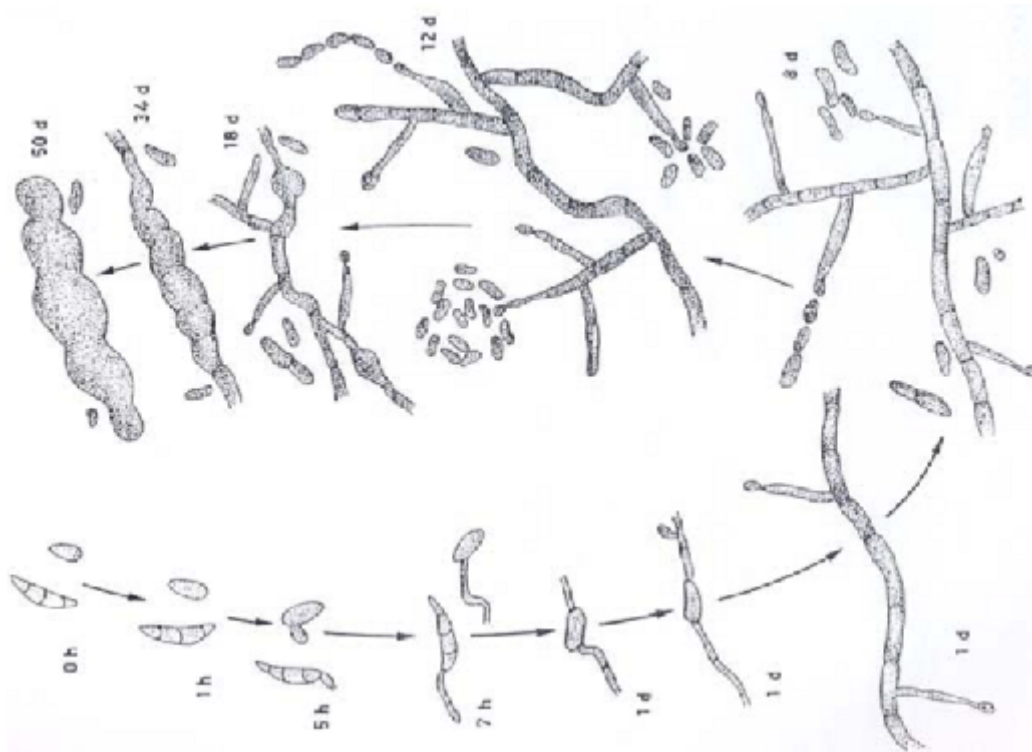


Figura 1. Ciclo de la morfogénesis de *Fusarium verticillioides* durante su cultivo *in vitro* por 50 días.

ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

Epidemiología de la plaga

F. verticillioides es un patógeno de numerosos cultivos tanto de zonas templadas como tropicales, a pesar de ser un hongo que no forma estructuras de supervivencia, como clamidosporas, esclerocios o hifas de paredes gruesas, éste puede soportar condiciones ambientales muy adversas, debido a que persiste hasta por seis meses en trozos de tallo de sorgo a temperaturas inferiores de 16 °C bajo cero. También puede resistir el invierno con temperaturas de -30 °C. Asimismo, en residuos de tallo de maíz incorporado al suelo *F. moniliforme* puede sobrevivir por al menos 630 días; esto demuestra que los residuos son una importante fuente de inóculo a largo plazo, sobre todo, para infecciones de raíz y tallo en el caso de sorgo.

En México en el caso específico del sorgo, la presencia de la chinche *Oebalus mexicanus* incrementa la incidencia de *F. verticillioides* y las variables climáticas, principalmente la temperatura mínima afecta la movilidad de las chinches y en conjunto resultaron significativas reflejando su efecto en el grado de daño por el hongo, este último permanece en el suelo en residuos de la cosecha anterior; este inóculo invade plantas de zacate pitillo donde permanece para completar su ciclo de vida. En el siguiente período de siembra de sorgo *O. mexicanus* adquiere al hongo, lo transporta y disemina entre las plantas sanas de sorgo, generando epidemias, donde se completa el ciclo. En el caso de agave es necesario realizar estudios enfocados a la determinación de la epidemiología y biología del patógeno con el objetivo de generar

mayor conocimiento acerca de *F. verticillioides* (Martínez-Ramírez *et al.*, 2005).

Dispersión

En el caso de maíz, además de la transmisión por semillas infectadas, *F. verticillioides* se dispersa a plantas no infectadas mediante el inóculo presente en campo. Asimismo, los tallos infectados que permanecen parcialmente enterrados en campo, son sitios importantes para la supervivencia del hongo. Por otra parte, los conidios que son transportados por el viento en los campos de cultivo de maíz durante el crecimiento de las plantas pueden penetrar a los tejidos del tallo a través de heridas, o infectar a los granos en desarrollo a través de los estigmas. Los granos maduros también pueden ser infectados después de la siembra, a través de las fisuras presentes en el pericarpio; o durante la germinación, donde el pericarpio es roto por la plántula emergente (Galperin *et al.*, 2003).

MÉTODOS DE DETECCIÓN

F. verticillioides puede ser identificado mediante la extracción de ADN y amplificación por PCR, mediante el uso de los iniciadores: VERT-1 (5'-GTCAGA-ATCCATGCCAGAACG-3') y VERT-2 (5'-CACCCGCAGCAATCCAT-CAG-3'). Asimismo, la identificación de aislamientos que producen fumonisinas se pueden identificar mediante los iniciadores: VERTF-1 (5'-GCGGGAATTCAAAAAGTGGCC-3') y VERTF-2 (5'-GAGGGCGCGAAAC GGATCGC-3') (Chandra Nayaka *et al.*, 2008).

MUESTREO

En campo, el muestreo para la detección de síntomas sospechosos a *F. verticillioides* se

realizará de acuerdo a lo marcado en el Manual Operativo de la Campaña Contra Plagas Reglamentadas del Agave.

En zonas Bajo Control Fitosanitario y Zonas Libres, el muestreo deberá realizarse de acuerdo a la siguiente metodología:

1. Obtener un plano cartográfico fraccionado o plano perimetral de los predios a muestrear.
2. Dibujar en el plano cartográfico fraccionado o el plano perimetral 5 cuadrantes (muestreo en cinco de oros) con el objetivo de definir el lugar donde se realizará el muestreo.
3. Estos 5 cuadrantes se podrán incrementar de acuerdo al inventario total del predio para que el tamaño de muestra sea acorde a la superficie.

Número de plantas.	Cantidad de cuadrantes por predio
Menor o igual a 50,000	5=1 cinco de oros
50,001-100,000	10=2 cinco de oros
100,001-200,000	15=3 cinco de oros
Mayor a 200,000	20=4 cinco de oros

4. Realizar un recorrido de reconocimiento perimetral previo al muestreo, con la finalidad de ubicar físicamente los cuadrantes marcados en el plano cartográfico.

5. Una vez ubicados físicamente los cuadrantes se continuara con lo siguiente a fin de realizar el muestreo: a) Omitir en el muestreo el surco de la orilla y no incluir las primeras 5 plantas de inicio de surco del cuadrante seleccionado; b) Seleccionar físicamente dos hileras contiguas dentro de cada cuadrante donde se contarán 30 plantas; c) Se tomara primero la hilera del lado izquierdo, en la que se excluirán las primeras plantas con la finalidad de eliminar el efecto "orilla", posteriormente, se iniciara la revisión de 15 plantas en la hilera del lado izquierdo. Una vez terminada la

cuenta de la primera fila, se continúa con las otras

15 plantas en la hilera del lado derecho (Figura 2).

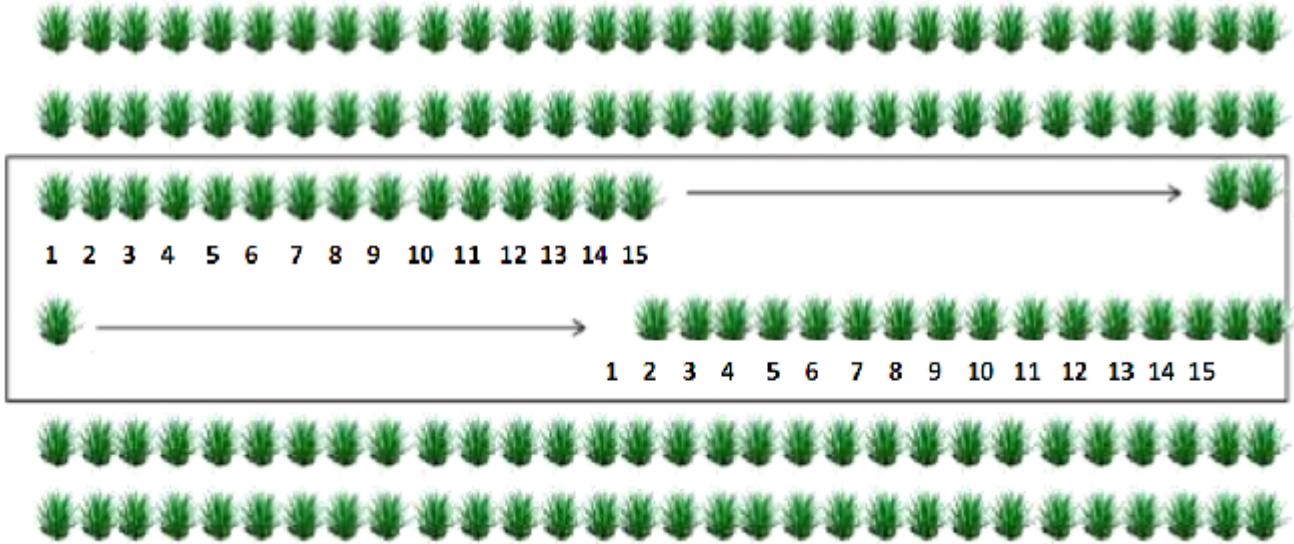


Figura 2. Sistema de muestreo para la detección de síntomas causados por *Fusarium verticillioides* en agave.

Durante el recorrido se dirigirá la atención a la presencia de plantas con diferentes grados de avance de los síntomas característicos provocados por *Fusarium* sp. (Figura 3).

En caso de encontrar plantas con síntomas sospechosos se procederá a tomar la muestra. Esta puede constar de partes afectadas de raíces, piña y pencas, que incluya tanto tejido sintomático como asintomático. Cada muestra deberá envolverse en papel absorbente y colocarse en bolsas de plástico con cierre hermético, cada una deberá ser etiquetada, es importante que la muestra se encuentre en buen estado. El conjunto de muestras se depositará en una hielera con geles refrigerantes. Las muestras deberán ser enviadas el mismo día para su diagnóstico. De manera adicional se recomienda reportar los síntomas y su incidencia en el cultivo, plagas observadas,

tratamientos fitosanitarios aplicados, fenómenos meteorológicos ocurridos.

Las muestras se etiquetaran con los siguientes datos: fecha de muestreo, coordenadas geográficas, nombre del(los) propietario(s), estado, municipio, nombre del colector, cultivo, edad de la plantación.

MEDIDAS DE MANEJO Y CONTROL

Control legal

Debido a la importancia del cultivo del agave tequilero, a partir de 2013, el SENASICA implementó la campaña contra plagas reglamentadas del agave con la finalidad de disminuir los niveles de infestación del picudo de la agave y reducir la incidencia de las enfermedades, entre las cuales, está la marchitez del agave, para mayor información véase:

<http://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/plagas-reglamentadas-del-agave>.

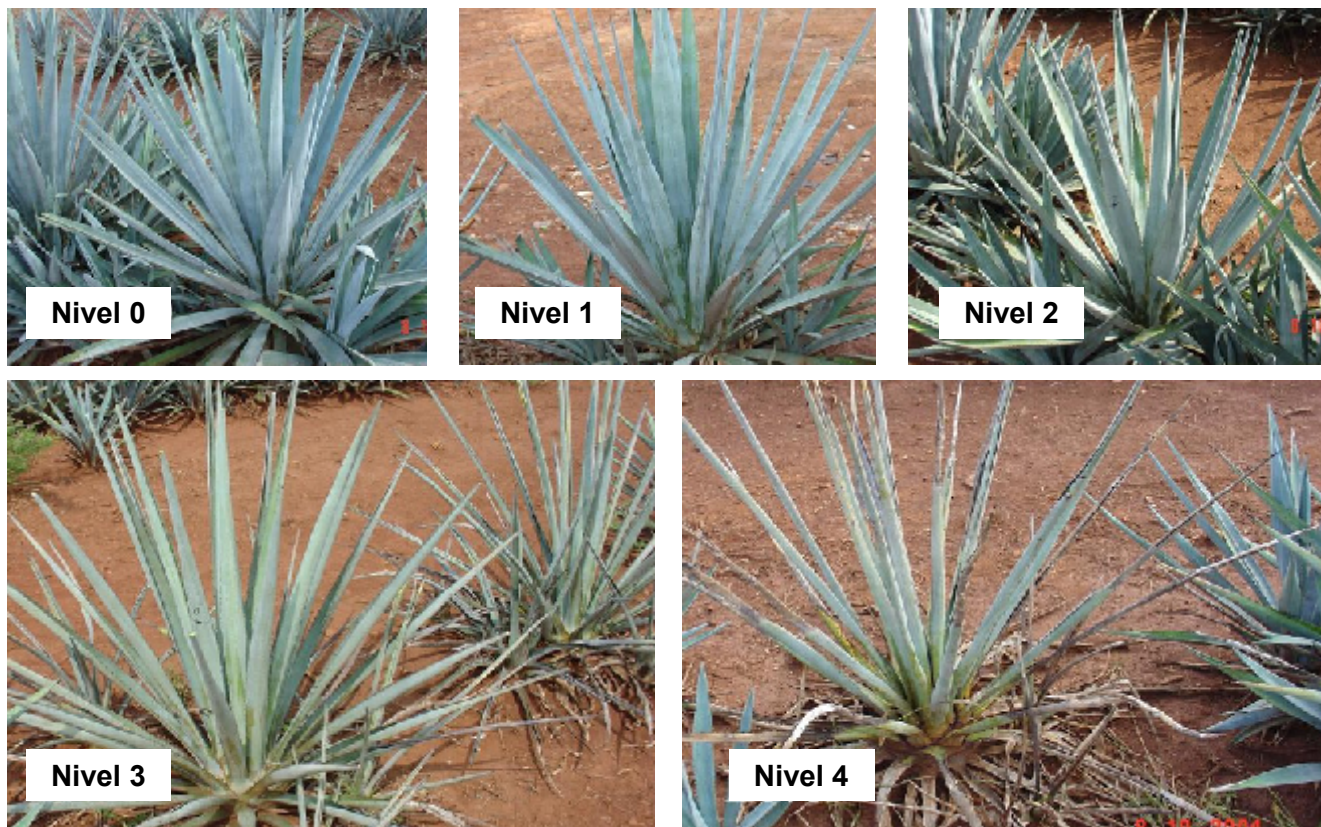


Figura 3. Escala de severidad de la enfermedad de marchitez por *Fusarium* en agave. Nivel 0, planta asintomática con pencas turgentes y extendidas de color azul brillante; Nivel 1, plantas de menor tamaño de color verde, con un enrollamiento de los márgenes (hacia arriba) de las puntas de las pencas más viejas; Nivel 2, plantas de color amarillo claro, la mayoría de las pencas presentan un enrollamiento de los márgenes y presencia de áreas secas en las pencas más viejas; Nivel 3, plantas de menor tamaño con áreas secas en las puntas de las pencas a diferentes niveles de altura; Nivel 4, Plantas con pocas áreas verdes y cercanas a la muerte. Créditos: Ávila-Miranda *et al.*, 2010.

Control cultural

Dentro de este tipo de manejo se debe considerar lo siguiente (Tlapal-Bolaños, 2013):

Selección del terreno. Para el establecimiento de la plantación se deben evitar aquellos sitios que presenten acumulación de humedad relativa, compactación y mal drenaje.

Establecimiento de la plantación. Los hijuelos se deben establecer en el lomo del surco en curvas de nivel para evitar encharcamientos, favorecer el

drenaje en época de lluvias o bien la retención de la humedad en época de secas.

Usar material vegetal sano. Para el establecimiento de una plantación se deben utilizar plantas provenientes de viveros certificados; sin embargo, una de las alternativas es el uso de plántulas desarrolladas a partir de cultivo de tejidos.

Fecha de plantación. Evitar establecer plantaciones durante los meses de septiembre y octubre, debido a que la incidencia de la marchitez y de otras

enfermedades es elevada ya que es la época de mayor humedad del suelo y ambiental.

Fertilización y enmiendas. La fertilización balanceada y sustentada en un análisis de suelo favorece la baja incidencia de enfermedades. Por otra parte, la fertilización unilateral y en exceso de nitrógeno fomenta la incidencia, especialmente si se emplean solo fuentes de nitrógeno amoniacal como la urea y el sulfato de amonio.

Eliminación de plantas enfermas. Eliminar las plantas que presenten síntomas de marchitez (que se ha confirmado la presencia del hongo mediante un diagnóstico), esto mediante la extracción y quema fuera del predio, en un área designada para esta práctica. Asimismo, es recomendable la aplicación de cal al suelo en el sitio de extracción. Otras recomendaciones que se deben tener en cuenta es el uso de herramientas de cultivo desinfectadas.

Control de malezas. La eliminación de malezas como el zacate pitillo (*I. unisetus*) disminuye las probabilidades de supervivencia del hongo. De acuerdo a la CONABIO este pasto es nativo de México y se encuentra en terrenos de cultivo, potreros, orillas de carreteras y canales (CONABIO, 2017).

Aunado a lo anterior, Steinkellner y Langer (2004) recomendaron realizar labranzas profundas con arado, debido a que esto disminuye tanto la diversidad de especies de *Fusarium* como su población; por el contrario, en la labranza de conservación se presenta una mayor diversidad y mayores poblaciones.

Control biológico

Mediante la inoculación de plantas de agave tequilero con aislados nativos de especies de *Trichoderma harzianum*, *T. virens* y *T. aureoviride* y la versión comercial de *Bacillus subtilis*, esto en campo (plantación comercial) y vivero (material propagativo para nuevas plantaciones) como parte de un manejo preventivo e integrado del cultivo. Las plantas de vivero presentaron una menor densidad de unidades formadoras de colonias (UFC) de *Fusarium* spp., y un buen establecimiento en vivero de *T. harzianum*, *T. aureoviride* y *B. subtilis*. Sin embargo, en campo su comportamiento y desarrollo de estos organismos benéficos se ve influenciado por las condiciones climáticas y características propias de cada nicho ecológico que se encuentra en la rizosfera que comparte la planta con la flora microbiana nativa y condiciones físicas del suelo. Así también, en campo se determinó que *B. subtilis* tolera temperaturas de entre 32 y 34 °C y periodos de sequía con humedad relativa por debajo del 40%, mientras que *Trichoderma* es afectado y disminuye su población durante esos periodos críticos. Por el contrario, en áreas con temperaturas similares pero mayor humedad relativa cercana al 60%, *Trichoderma* se adapta fácilmente (Tlapal-Bolaños, 2013).

Cavaglieri y colaboradores (2005) mencionaron que el uso de bacterias como agentes de control de *F. verticillioides* en el cultivo de maíz, determinaron que las especies *Arthrobacter globiformis* y *Azotobacter armeniacus* solas o en combinación, presentaron un efecto importante en la supresión del crecimiento del hongo en condiciones *in vitro*, pero únicamente *A. armeniacus* tiene un efecto significativo en la reducción de la colonización de la raíz por *F. verticillioides*.

Control químico

Para el caso de marchitez, es poco útil el uso de fungicidas a base de cobre, debido principalmente a que el problema inicia en raíz y no en follaje. Aunque en pruebas de laboratorio, se ha determinado que el sulfato de cobre pentahidratado tiene efectividad contra *Fusarium* sp., cuando ataca raíz es muy difícil que alcance la concentración necesaria para su eliminación, y más aún si se supone que pueda haber infectado alguna raíz y ya se encuentre dentro de la planta. Otro aspecto a considerar es que el cobre es un elemento que en altas concentraciones es inhibidor de la emisión de nuevas raíces (Rubio-Cortés, 2007).

Por otra parte, Suárez-Jiménez y colaboradores (2007), al evaluar el efecto inhibitorio de extractos metanólicos contra *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenb., encontraron que se puede obtener una inhibición de la germinación de esporas del 92%, en el crecimiento radial de 90% y en la producción de biomasa de 95%, mediante el uso de extractos de *Baccharis glutinosa* y *Larrea tridentata* a concentraciones que van de 5.6, 11, 14, y 16.7% (v/v). Sin embargo se debe considerar lo expuesto en el párrafo anterior.

LITERATURA CITADA

Aceves RJJ. 2003. Prevención y manejo integral de la marchitez de Agave tequilana Weber var. azul en Jalisco. Folleto Técnico No. 1. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP. 62 p.

Ávila-Miranda ME, López-Zazueta JG, Arias-Castro C, Rodríguez-Mendiola MA, Guzmán-de Peña DA, Vera-Núñez JA, Peña-Cabrales JJ. 2010. Vascular wilt caused by *Fusarium oxysporum* in agave (*Agave tequilana* Weber

var. azul). Journal of the Professional Association for Cactus Development, 12: 166-180.

Bacon CW, Nelson PE. 1994. Fumonisin production in corn by toxigenic strains of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum*. Journal of Food Protection, 57: 514-521.

Bacon CW, Yates IE. 2006. Endophytic root colonization by *Fusarium* species: histology, plant interactions, and toxicity. In: Soil Biology, Microbial Root Endophytes, Volume 9. Schulz B, Boyle C, Sieber TN (Eds.). Verlag Berlin Heidelberg.

Cantú-Rodríguez JM. 1998. Distribución de cepas de *Fusarium moniliforme* productoras de fumonisina B1 en maíz cultivado en el estado de Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 68 p.

CAST (Council for Agricultural Science and Technology). 2003. Mycotoxins: risks in plant, animal, and human systems. Task Force Report No. 139, USA. 199 p.

Castañeda VH. 2002. Aislamiento e identificación de los microorganismos responsables de la marchitez de agave tequilero. Pp21-24. In Flores López HE. (ed). Análisis agroecológico del *Agave tequilana* Weber var. Azul con énfasis en problemas fitosanitarios en Jalisco, INIFAP-CIRPAC. E. Altos de Jalisco, publicación especial No. Tepatitlán, Jalisco, México.

Cavaglieri LR, Andrés L, Ibáñez M, Etcheverry MG. 2005. Rhizobacteria and their potential to control *Fusarium verticillioides*: effect of maize bacterisation and inoculum density. Antonie van Leeuwenhoek, 87: 179-187.

- CESAVEG (Comite Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2008.** Campaña de manejo fitosanitario del agave tequilero. En línea: http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_08/folleto_agave_08.pdf Fecha de consulta: 15 de marzo de 2017.
- Chandra Nayaka S, Udaya Shankar ACG, Niranjana SR, Prakash HS. 2008.** Molecular detection and characterisation of *Fusarium verticillioides* in maize (*Zea mays* L.) grown in southern India. *Annals of Microbiology*, 58(3): 359-367.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2017.** *Ixophorus unisetus* (J. Presl) Schltld. Zacate pitillo. En línea: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/ixophorus-unisetus/fichas/ficha.htm#1>. Nombres Fecha de consulta: 02 de enero de 2017.
- Fucikovsky-Zak L. 2000.** La tristeza y muerte de *Agave tequilana* Weber var. azul (TMA) y los microorganismos e insectos importantes relacionados. pp:90. *In: Memorias del XXVII Congreso Nacional de Fitopatología.* Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Galperin M, Graf S, Kenigsbuch D. 2003.** Seed treatment prevents vertical transmission of *Fusarium moniliforme*, making a significant contribution to disease control. *Phytoparasitica*, 31(4): 344-352.
- Granjo CA, dos Reis TA, Gambale W, Correa B. 2007.** Morphogenesis and growth kinetics of *Fusarium verticillioides*. *Mycopathologia*, 164: 119-126.
- Leslie JF, Summerell BA. 2006.** The fusarium laboratory manual. Oxford UK: Blackwell Publishing. 388 p.
- Loera QMM. 2000.** Selección *in vitro* de *Agave tequilana* Weber var. azul para Resistencia a *Fusarium oxysporum*. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado en Procesos Biotecnológicos. Universidad de Guadalajara.
- Luna-Hernández G. 1996.** Pudrición del tallo de *Agave tequilana* Weber var. azul en el estado de Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Martínez-Ramírez JL, Pescador-Rubio A, Lezama-Gutiérrez R, Rebolledo-Domínguez O, Molina-Ochoa J, López-Lavín M, Betancourt-Vallejo A. 2005.** Aspectos epidemiológicos de *Fusarium moniliforme* causante del tizón de la panoja del sorgo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9(3): 11-18.
- Martínez RJL, Vázquez GM, Pimienta BE, Bernal MF, Flores MF, Ibarra DR, Torres MP, Cuevas CH, Martín del Campo MJN, Rodríguez RR, Ibarra AM, Macías VJS, Virgen CG. 1998.** Epidemiología y manejo integrado de problemas fitosanitarios en agave, avances del proyecto, foro de análisis de la problemática de la cadena productiva agave-tequila. 20-25 pp.
- Nelson PE. 1992.** Taxonomy and biology of *Fusarium moniliforme*. *Mycopathologia*, 117: 29-36.
- Pérez-Rodríguez J. 2014.** Sensibilidad a fungicidas de las especies de *Fusarium* responsables de la pudrición de la mazorca del maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado en Fitopatología. Colegio de Postgraduados. 58 p.
- Suárez-Jiménez GM, Cortez-Rocha MO, Rosas-Burgos Ema Carina, Burgos-Hernández A, Plascencia-Jatomea M. 2007.** Antifungal Activity of Plant Methanolic Extracts Against *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenb. and

Fumonisin B1 Production. Revista Mexicana de Fitopatología, 25: 134-142.

Steinkellner S, Langer I. 2004. Impact of tillage on the incidence of *Fusarium* spp. in soil. Plant and Soil, 267: 13-22.

Tlupal-Bolaños B. 2013. Efecto de *Trichoderma* y *Bacillus* en la dinámica poblacional de *Fusarium* spp. en agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. azul) en Jalisco. Tesis Doctora en Ciencias. Instituto de Fitosanidad. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 81 p.

Valenzuela ZAG. 1997. El agave tequilero; su cultivo e industria. Editorial Litteris Segunda Edición. 204 pp.

Virgen-Calleros G. 2000. Epidemiología y manejo integrado de problemas fitosanitarios en *Agave tequilana* Weber, var. azul. Departamento de producción agrícola. CUCBA. U de G. Informe técnico para el programa general de apoyo y desarrollo tecnológico a la cadena productiva agave-tequila.

Weinberg ED. 1971. Secondary metabolism: Raison d'être. Perspectives in Biology and Medicine, 14: 565-577.

Forma recomendada de citar:

DGSV-CNRF. 2016. Marchitez del agave. *Fusarium verticillioides*. SAGARPA-SENASICA. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Tecámac, México. 11 p.

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

Elaborada por:

**Dirección General de Sanidad Vegetal
Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria
Grupo Especialista Fitosanitario**

Dr. Andrés Quezada Salinas

Dr. Clemente de Jesús García Avila

M.C. José Guadalupe Florencio Anastasio

M.C. Sergio Hernández Pablo

M.C. Isabel Ruiz Galván

M.C. Daniel Bravo Pérez

M.C. José Manuel Pineda Ríos

DIRECTORIO

Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

M.C. José Eduardo Calzada Rovirosa

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

MVZ. Enrique Sánchez Cruz

Director General de Sanidad Vegetal

Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga

Director del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

Dr. José Abel López Buenfil