

# FICHA TÉCNICA

## MARCHITEZ DEL AGAVE



*Fusarium oxysporum*

Créditos: Castro-Valera, 2003

Oficina Dirección

Órgano Interno de Control en el SENASICA

+52 (55) 5375 1000 ext. 51648  
+52 (55) 3371 3300 ext. 30385

Dirección

Campañas Fitosanitarias

01 800 957 9879

[www.senasica.gob.mx](http://www.senasica.gob.mx)

[www.senasica.org.mx](http://www.senasica.org.mx)

CONTENIDO

IDENTIDAD ..... 1  
    Nombre científico ..... 1  
    Clasificación taxonómica ..... 1  
    Sinonimias..... 1  
    Nombre común..... 1  
IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PLAGA ..... 1  
SITUACIÓN FITOSANITARIA EN MÉXICO ..... 1  
HOSPEDANTES ..... 1  
DISTRIBUCIÓN MUNDIAL ..... 2  
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA ..... 2  
ASPECTOS BIOLÓGICOS ..... 3  
    Requerimientos para su desarrollo ..... 3  
SÍNTOMAS ..... 3  
ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS ..... 4  
    Dispersión ..... 5  
METODOS DE DETECCIÓN ..... 5  
MUESTREO ..... 5  
MEDIDAS FITOSANITARIAS ..... 6  
    Control legal ..... 6  
    Control cultural ..... 7  
    Control biológico ..... 8  
    Control químico ..... 8  
LITERATURA CITADA..... 9

## IDENTIDAD

### Nombre científico

*Fusarium oxysporum* Schlechtendal

### Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Gibberella*

Género: *Fusarium* (anamorfo)

Especie: *Fusarium oxysporum*

### Sinonimias

*Fusarium angustum* Sherbakov

*Fusarium bulbigenum* Cooke & Masee

*Fusarium dianthi* Prillieux & Delacroix

*Fusarium orthoceras* Appel & Wollenweber

### Nombre común

Marchitez del agave.

### IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PLAGA

En el cultivo de agave (*Agave tequilana* Weber var. azul), que es la materia prima para la elaboración del tequila, existe una seria limitante para su producción, la enfermedad denominada “marchitez del agave” o “pudrición del tallo”. De acuerdo a reportes del Consejo Regulador del Tequila A.C., dentro de la zona autorizada para la siembra de agave no existían en 2008 regiones libres de la enfermedad y en zonas como Cienega, Centro y Tequila, en el estado de Jalisco, su incidencia alcanzó hasta el 40% de las plantas establecidas (Flores, 2010). En Santa María del Oro, Nayarit la incidencia fue de entre el 83.5 a 94% durante la

temporada de lluvias y de 98.5 a 100% en la temporada seca (Gómez-Ortiz *et al.*, 2011).

En 2010, *F. oxysporum*, agente causal del marchitamiento vascular del agave azul, destruyó el 35% de la cosecha de agave azul en México, generando pérdidas económicas sustanciales para los agricultores y aumentando la aplicación de fungicidas para controlar la enfermedad (Gómez-Ortiz *et al.*, 2011; Ávila-Miranda *et al.*, 2012; Vega-Ramos *et al.*, 2013).

### SITUACIÓN FITOSANITARIA EN MÉXICO

En 1987, el cultivo del agave en México presentó un problema fitosanitario cuyos síntomas consistieron en un enrollamiento anormal de las pencas, seguido de una necrosis regresiva con un posterior secamiento total y culminando con la muerte de la planta; el nombre con el cual se denominó a estos síntomas fue “marchitez del agave” y/o “tristeza y muerte del agave” (Fucikovsky, 2000). Los agentes causales fueron identificados como *Fusarium oxysporum* y *Thielaviopsis paradoxa* (Virgen-Calleros, 2000; Fucikovsky-Zak, 2001). Sin embargo, otros autores han aislado a diferentes especies de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. moniliforme*) de plantas de agave que presentaron los mismos síntomas antes descritos (Loera, 2000; Castañeda-Vázquez, 2002).

### HOSPEDANTES

*Fusarium oxysporum* Schltdl. Es un hongo con origen en el suelo, esta especie incluye a un gran número de aislados responsables de causar síntomas de marchitez y pudrición en diferentes especies de plantas (Kistler, 1997; Ortoneda *et al.*, 2004; Dean *et al.*, 2012).

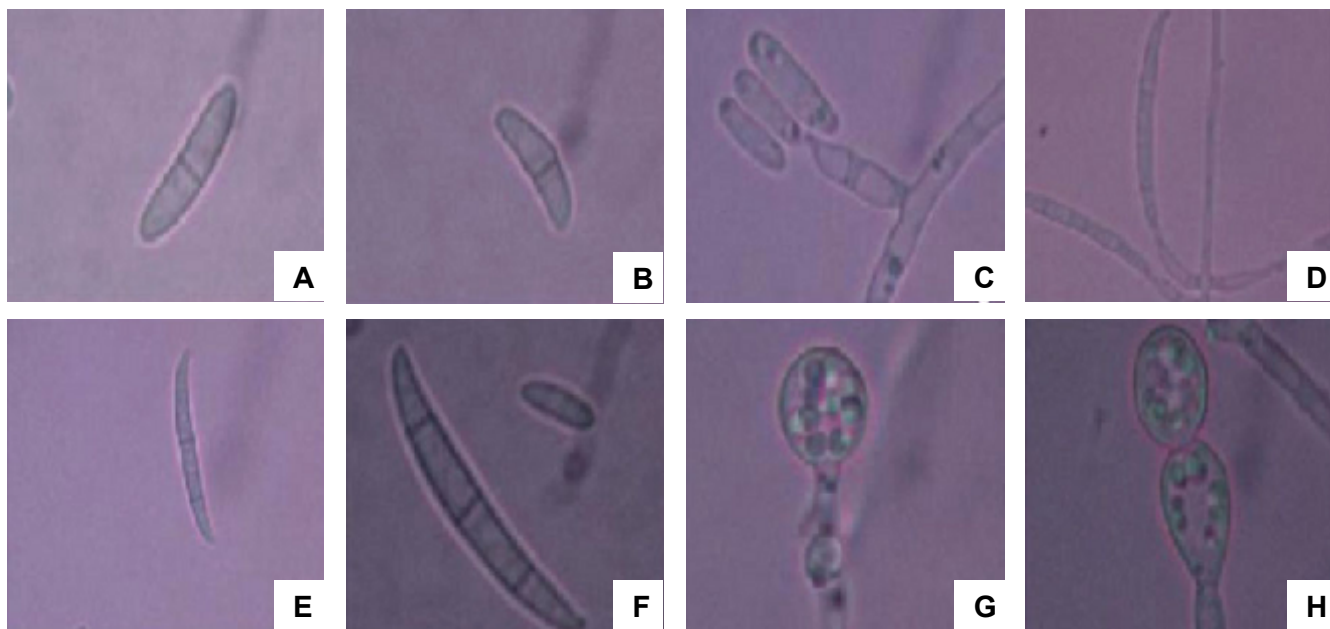
Los aislamientos patogénicos se caracterizan por su especificidad al hospedante; estos son llamados formas especiales de acuerdo a su especificidad puntual. Cuando se identifican genes de resistencia en la planta, las formas especiales son divididas en razas de acuerdo a su especificidad al cultivar (Gordon y Martyn, 1997). En la actualidad, más de 150 formas especiales y razas han sido descritas.

### DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

*F. oxysporum*, es un hongo cosmopolita, ciertos aislamientos son específicos al hospedante (*Formae specialis*), representando una seria amenaza en la producción de alimentos a nivel mundial (Bacon y Yates, 2006).

### DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

En aislamientos obtenidos de agave en el estado de Jalisco y Nayarit, *F. oxysporum* presenta macroconidios, microconidios y clamidosporas. En medio PDA el hongo forma una masa algodonosa de micelio que puede ser de color blanco al inicio de su crecimiento y posteriormente adquiere ciertas tonalidades de color violeta, rosa o salmón. Macroconidios ligeramente curvados con tres a cuatro septos, con extremos punteados, célula basal ligeramente curvada en forma de pie, con una longitud promedio de 40 µm. Clamidosporas se pueden formar solas o en cadena, generalmente están intercaladas, de forma esférica y pared celular gruesa, esta característica le permite al patógeno sobrevivir por un período largo en el suelo (Figura 1) (Virgen-Calleros *et al.*, 2011; Vega-Ramos *et al.*, 2013).



**Figura 1.** Morfología de *Fusarium oxysporum* de aislamientos obtenidos de plantas de *Agave tequilana* con síntomas de marchitez. A-C) Microconidios, D-F) Macroconidios. G-H) Clamidosporas. Créditos: Vega-Ramos *et al.*, 2013.

## ASPECTOS BIOLÓGICOS

### Requerimientos para su desarrollo

En condiciones de laboratorio *Fusarium oxysporum* presenta un crecimiento del micelio a 10 °C, en un pH de 5 a 8 y requiere de 46 días para alcanzar el diámetro total de la caja Petri (8.5 cm). A 15 °C requiere 19 días y el crecimiento es mayor a 5.5 de pH. El desarrollo del micelio total a 20 °C fue a los 9 días de incubación con pH de 5.0 a 7.5. Sin embargo, el crecimiento del micelio avanza con mayor rapidez a 25 °C con 7 días de incubación para su crecimiento total y pH fue de 5.0 a 7.5. En la mayoría de las temperaturas estudiadas el pH favorable fue de 5.0 a 7.5 (Bernal *et al.*, 2001). La germinación de clamidosporas se ve favorecida a 10 y 25 °C con un pH de 5.5 (Bernal *et al.*, 2001).

### SÍNTOMAS

De manera general, dos tipos de síntomas son asociados con *F. oxysporum*: marchitez vascular y pudrición de la corona y raíz (Engelhard y Woltz, 1971; Linderman, 1981; Brayford, 1996). La marchitez se presenta principalmente en la planta completa (Bald *et al.*, 1971). *F. oxysporum* penetra en las raíces del hospedante hasta llegar a los vasos del xilema, en donde coloniza en forma ascendente (Olivain y Alabouvette, 1999). Los primeros síntomas visibles se presentan en la parte aérea, estos inician con un amarillamiento progresivo en el follaje. Posteriormente, las hojas se marchitan gradualmente hasta que la planta completa colapsa.

La marchitez del agave tequilero es un problema fitosanitario que se agrava principalmente cuando existe una sobrepoblación, se manifiesta como un

marchitamiento más o menos rápido, el cual se debe a la presencia y actividad del patógeno en el xilema de las plantas. Los síntomas que presentan las plantas infectadas son: pérdida de la turgencia, las plantas se debilitan y adquieren una tonalidad que va del verde claro al amarillo-verde, observándose principalmente en la base de la piña y el cogollo. Posteriormente, las pencas se marchitan, se presenta un enrollamiento o "encarrujado", necrosis en la base de la piña y por último la muerte de la planta (Agrios, 2005; Flores *et al.*, 2010), lo anterior es producto de la destrucción del sistema radicular, o bien, por la destrucción o taponamiento de los haces vasculares (CRT, 2005), algo que puede observarse en las plantas de cualquier edad y etapa de desarrollo (Figura 2) (Flores *et al.*, 2010).

De acuerdo a Flores y colaboradores (2010), la marchitez del agave tequilero se asocia al hongo *F. oxysporum* presentando síntomas que determinan su identificación, siendo: (1) Enrollamiento y deshidratación de las hojas basales e intermedias de la piña; (2) Cambio de color a un verde pardo; y (3) Pérdida del anclaje al suelo por la pudrición de la raíz. A diferencia de la pudrición bacteriana no existen lesiones acuosas en las pencas.

Hasta hace algunos años *Fusarium oxysporum* era una enfermedad que se observaba frecuentemente en plantas de más de tres años, en la actualidad es común encontrarla al siguiente año de plantadas, mostrando con ello que la presencia de dicho patógeno se ha favorecido con el uso de plantas provenientes de plantas enfermas.





**Figura 2.** Síntomas causados por *Fusarium oxysporum* en agave. A) Síntoma típico de la marchitez. B) Pudrición seca del cogollo. C) Síntoma típico de la marchitez en la piña de agave. D) Destrucción de los tejidos en la piña. Créditos: Virgen-Calleros *et al.*, 2011; Castro-Valera, 2003.

### ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

Se ha reportado a los insectos rizófagos, como uno de los factores que por su misma acción y al alimentarse del agave tequilero, pueden provocar síntomas de marchitamiento o pueden provocar heridas que permitan el paso de los patógenos (por ejemplo, *Fusarium* sp). Otros factores que desencadenan los síntomas del marchitamiento son la sequía, el exceso de humedad y la aplicación de herbicidas (CRT, 2005).

La marchitez es una de las enfermedades que presentan mayores problemas para ser controladas, principalmente por las características del patógeno y los síntomas que se observan durante su ciclo de vida. Al ser una enfermedad predominantemente radicular, cuando se observan los síntomas de marchitez ("encarrujado", cambio de color de la planta, etc.), el proceso de infección y la enfermedad ya se encuentra en un estado muy

avanzado, que hace que la muerte de la planta sea inminente. Aunado a estas características, se considera que la fisiología de la planta provoca que la enfermedad y sus síntomas no sean evidentes, incluso se considera que una planta con síntomas fue infectada en uno o dos años anteriores a la presencia de marchitez, siendo que esta enfermedad se observa en una gran cantidad de plantas en un predio contribuyendo a una disminución de la producción de manera importante aun cuando el daño causado a la planta y la muerte no son inmediatos, las condiciones ambientales pueden acelerar el daño (Rodríguez-Garay *et al.*, 2004; Flores *et al.*, 2010; Fuscikovsky, 2000).

**Dispersión**

La dispersión de *Fusarium* sp., en el suelo, depende de varios factores como la temperatura, humedad, tamaño de las partículas del suelo y los microcanales producidos por la actividad de artrópodos del suelo y animales. Sin embargo, la principal vía de dispersión es mediante la movilización de material propagativo infectado (Flores *et al.*, 2010).

**MÉTODOS DE DETECCIÓN**

*F. oxysporum*, puede ser identificado mediante morfometría de sus estructuras (macroconidios, microconidios y clamidosporas), así como las características de la colonia, como color y tipo de crecimiento del micelio (Virgen, 2002), para ello es necesario contar con claves de identificación (Nelson *et al.*, 1983). Otro método de detección es mediante la extracción de ADN y uso de la PCR con iniciadores universales (ITS1, ITS4) para la amplificación del ADN ribosomal (Vega-Ramos *et al.*, 2013)

**MUESTREO**

En campo, el muestreo para la detección de síntomas sospechosos a *F. oxysporum* 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:

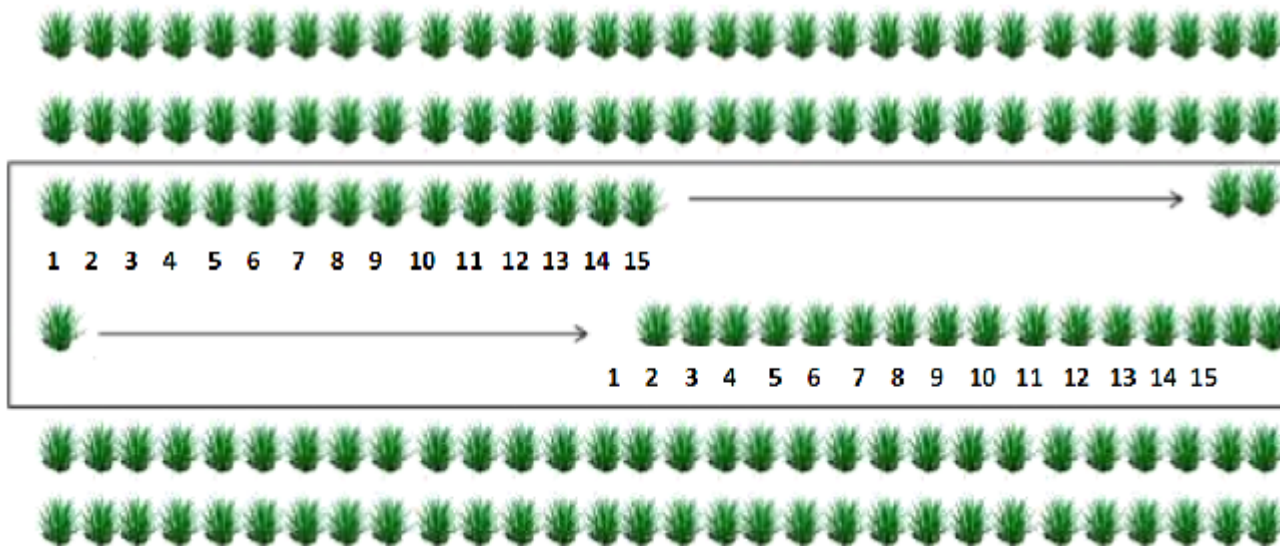
1. Obtener un plano cartográfico fraccionado o plano perimetral de los predios a muestrear.
2. Dibujar en el plano cartográfico fraccionado o el plano perimetral 5 cuadrantes (muestreo en cinco de oros) con el objetivo de definir el lugar donde se realizará el muestreo.
3. Estos 5 cuadrantes se podrán 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 3).



**Figura 3.** Sistema de muestreo para la detección de síntomas causados por *Fusarium oxysporum* 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 *F. oxysporum* (Figura 4).

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.

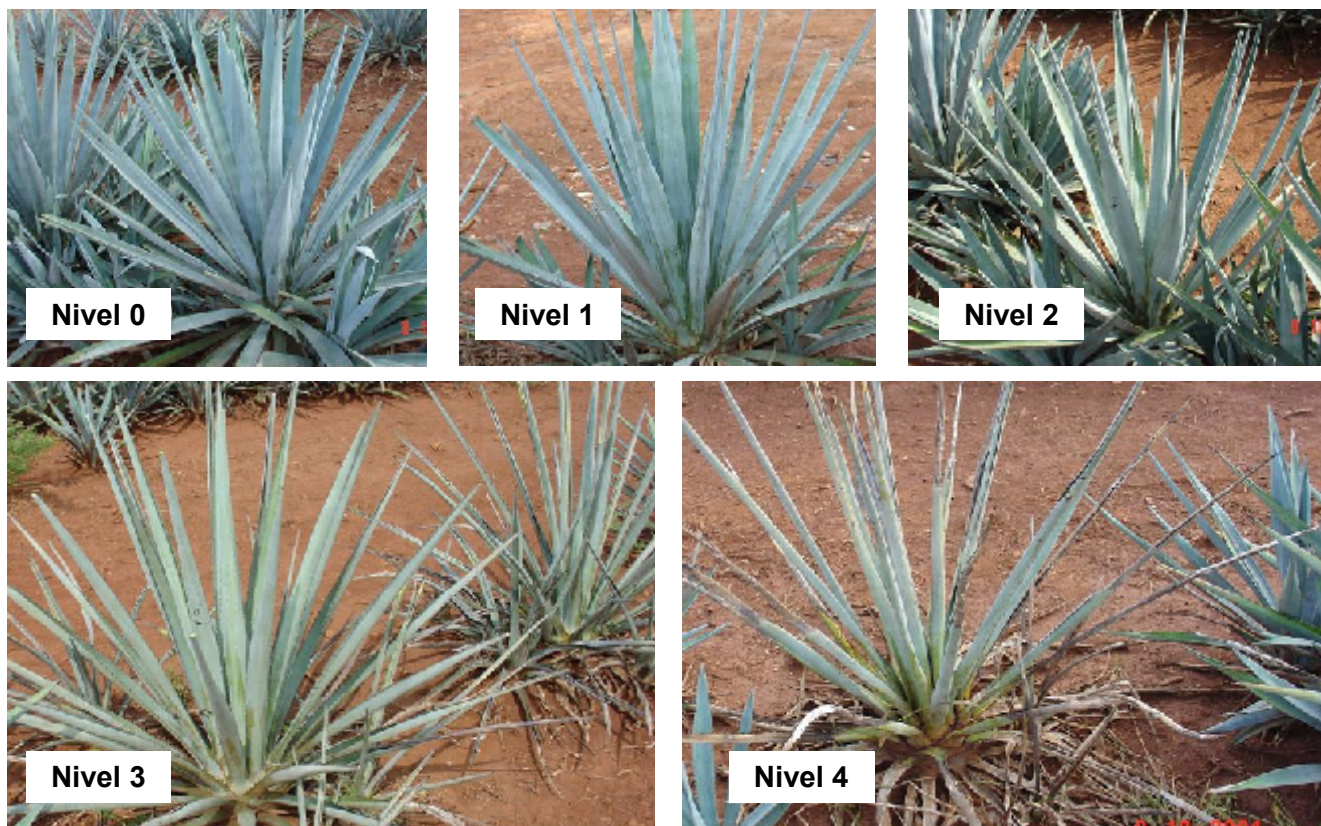
Las muestras se etiquetaran con los siguientes datos: fecha de muestreo, coordenadas geográficas, nombre del(los) propietario(s), estado, municipio, nombre del colector, cultivo, edad de la plantación.

## MEDIDAS FITOSANITARIAS

### 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 4.** 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 (Tlalpal-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, 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 del sitio de extracción. Otras recomendaciones que se deben tener en cuenta es el uso de herramientas de cultivo desinfectadas.

### 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 (Tlalpal-Bolaños, 2013).

### Control químico

El uso de extractos de origen vegetal también ha sido utilizado para el control de *F. oxysporum*, al respecto Ruiz-Ruiz *et al.* (2016), determinaron que los extractos de hojas de *Diospyros cuneata* tienen un efecto inhibitorio del crecimiento del micelio; asimismo, determinaron que la menor concentración requerida para tener un efecto inhibitorio es del 2.5% en condiciones *in vitro*. Por otra parte, Morais *et al.* (2010) al evaluar el efecto de los extractos de ajo contra *Fusarium oxysporum*, en condiciones *in vitro* determinaron que a una concentración de 40%, estos extractos inhiben la germinación de conidios y crecimiento micelial. En el mismo sentido, Rongai *et al.* (2012), reportan a 15 extractos de plantas que en condiciones *in vitro* inhiben por completo la germinación de los conidios de *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici, entre los principales se encuentra a el ajo (*Allium sativum*), limón (*Citrus limon*), almez (*Celtis glabrata*), café (*Coffea arabica*), fruto de cícada (*Cycas revoluta*), lechuga silvestre (*Lactuca virosa*), cáscara de granado (*Punica granatum*), coralito (*Rivina humilis*) y salvia (*Salvia guaranitica*).

Para el caso de manejo de malezas hospedantes de *F. oxysporum*, es importante evitar el uso de

herbicidas no selectivos como el glifosato y el glufosinato, dado que los suelos desnudos son susceptibles a la erosión, el uso de cubierta vegetal entre las hileras de agave es una buena opción (Tlalpal-Bolaños, 2013).

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).

#### LITERATURA CITADA

- Agrios GN. 2005.** Fitopatología. Elsevier Academic Press. New York, USA pp: 883.
- Ávila-Miranda ME, León-Campos C, Peña-Cabriales JJ, Rodríguez-Mendiola MA, Mancilla-Margalli NA, González Pérez F, Arias-Castro C. 2012.** Genetic diversity and vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum* cause of wilt symptoms in agave (*Agave tequilana* Weber var. azul). *Gayana Botánica*, 69: 40-48.
- Ávila-Miranda ME, López-Zazueta JG, Arias-Castro C, Rodríguez-Mendiola MA, Guzmán-de Peña DA, Vera-Núñez JA, Peña-Cabriales 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, 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.
- Bald JG, Suzuki T, Doyle A. 1971.** Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* to Easter lily, Narcissus and Gladiolus. *Annals of Applied Biology*, 67: 331-342.
- Bernal Alcocer A, López Rocha AJ. 2001.** Germinación *in vitro* de conidios y clamidosporas de *Fusarium oxysporum* aislado de *Agave tequilana* Weber var. azul a diferentes niveles de pH y temperatura. Tesis licenciatura. Universidad de Guadalajara. 43 p.
- Brayford D. 1996.** *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli*. *Mycopathologia*, 133: 47-48.
- Castañeda-Vázquez H. 2002.** Aislamiento e identificación de los microorganismos responsables de la marchitez del agave tequilero. pp 21-24. *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.
- Castro-Valera RA. 2003.** Incidencia y distribución de marchitez y pudrición del cogollo del agave (*Agave tequilana* Weber variedad azul) en la zona sur de Jalisco. Tesis Maestro en Ciencias. Postgrado en manejo de áreas de temporal. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- CRT (Consejo Regulador del Tequila A.C). 2005.** Enfermedades bióticas. Ed. Comité Técnico



- Agronómico. En: plagas y enfermedades del *Agave tequilana* Weber var. azul. Jalisco, México. 91-100 pp.
- Dean R, Van Kan JAL, Pretorius ZA, Hammond-Kosack KE, Di Pietro A, Spanu PD, Rudd JJ, Dickman M, Kahmann R, Ellis J, Foster GD. 2012.** The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13: 414-430.
- Engelhard AW, Woltz SS. 1971.** Fusarium wilt of chrysanthemum: symptomatology and cultivar reactions. In: Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 351-354 pp.
- Flores LHE, Ireta MJ, Ruíz CJA. 2010.** Tecnología para la prevención y/o control de la marchitez del agave tequilero en Jalisco. Folleto técnico núm. 2 Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. México. 36 pp.
- Fucikovsky, LZ. 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.
- Fucikovsky-Zak. 2001.** Tristeza and death of *Agave tequila* Weber, var. azul. Ed. De Boer, SH. In: Plant pathogenic bacteria. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London. 454 p.
- Gómez-Ortiz P, Sánchez-Arizpe A, Virgen-Calleros G, Carvajal-Cazola CR, Padrón-Corral E. 2011.** Incidencia y severidad de la marchitez del *Agave tequilana* Weber var. azul en la zona sur del Estado de Nayarit, México. *Agraria*, 8: 21-25.
- Gordon TR, Martyn RD. 1997.** The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology*, 35: 111-128.
- Kistler HC. 1997.** Genetic diversity in the plant-pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, 87: 474-479.
- Linderman RG. 1981.** Fusarium disease of flowering bulb crops. In: Fusarium, Disease, Biology and Taxonomy. 129-141 pp.
- Loera QMM. 2000.** Selección *in vitro* de *Agave tequilana* Weber var. azul para Resistencia a *Fusarium oxysporum*. Tesis de Maestría en Ciencias. Posgrado en Procesos Biotecnológicos. Universidad de Guadalajara.
- Morais M dos S, Araújo E, Araújo AC de, Belém L de F. 2010.** Eficiência dos extratos de alho e agave no controle de *Fusarium oxysporum* S. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 5(2): 89-98.
- Nelson PE, Toussoun TA, Marassas WFO. 1983.** Fusarium species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park. 193 p.
- Olivain C, Alabouvette C. 1999.** Process of tomato root colonization by a pathogenic strain of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in comparison with a non-pathogenic strain. *New Phytologist*, 141: 497-510.
- Ortoneda M, Guarro J, Madrid MP, Caracuel Z, Roncero MIG, Mayayo E, Di PA. 2004.** *Fusarium oxysporum* as a multihost model for the genetic dissection of fungal virulence in plants and mammals. *Infection and Immunity*, 72: 1760-1766.
- Rodríguez-Garay B, Gutiérrez-Mora A, Loera-Quezada MM, Flores-Berrios EP. 2004.** La materia prima *Agave tequilana* Weber var. azul. Eds. Consejo Regulador del Tequila A.C (CRT). En: Avances en la investigación del agave tequilero. Jalisco, México. 3-46 pp.
- Rubio-Cortés R. 2007.** Enfermedades del cultivo de agave. Pp: 171-195. In: Pérez-Domínguez



JF, Del Real-Laborde JI. (eds). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Centro de investigación regional del Pacífico Centro. Campo experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Libro Técnico Núm. 4.

**Ruiz-Ruiz JC, Peraza-Echeverría L, Soto-Hernández RM, San Miguel-Chávez R, Pérez-Brito D, Tapia-Tussell R, Rodríguez-García CM. 2016.** *Diospyros cuneata* Inhibition of *Fusarium oxysporum*: Aqueous Extract and its Encapsulation by Ionic Gelation. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 7: 332.

**Tlalpal-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.

**Vega-Ramos KL, Uvalle-Bueno JX, Gómez-Leyva JF. 2013.** Molecular variability among isolates of *Fusarium oxysporum* associated with root rot disease of *Agave tequilana*. *Biochemical Genetics*, 51: 243-255.

**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.

**Virgen CG. 2002** Enfermedades en el cultivo de agave (*Agave tequilana* W. var azul). Curso de acreditación en fitosanidad del Agave tequilana

Weber variedad azul. Tlajomulco de Zúñiga, México. 17 p.

**Virgen-Calleros G, Méndez-Moran L, Espitia-Carlos C. 2011.** Evolución histórica y situación actual de la marchitez y pudrición seca del cogollo en el cultivo del agave azul tequilero. Pp: 28-34. *In*: Briceño-Félix GA, Hurtado-de la Peña S, Díaz-Mederos P, Pérez-Mejía FA. (eds). Primer foro de discusión fitosanitaria en el cultivo del agave azul tequilero. Editorial Digital Consejo Regulador del Tequila A. C. Guadalajara, Jalisco, México. 140 p.

#### Forma recomendada de citar:

DGSV-CNRF. 2017. Marchitez del agave. *Fusarium oxysporum*. 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**