

## **Distribución, incidencia, severidad y control del tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.**





## Distribución, incidencia, severidad y control del tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.

### Participantes:

<sup>1</sup>**Francisco Javier Orduño-Cota.**-Gerente general.

<sup>1 y 2</sup> **Rubén Félix-Gastélum.**-Asesor del laboratorio de diagnóstico fitosanitario y profesor investigador de la Universidad de Occidente.

<sup>1</sup> **Gabriel Herrera-Rodríguez.**-Responsable del laboratorio de diagnóstico fitosanitario y responsable del proyecto.

<sup>1</sup>**Diana Fernanda Espinoza-Castillo.**-Responsable técnico del laboratorio de diagnóstico fitosanitario.

<sup>1</sup>**Anael Guadalupe. Ruiz-Guzmán.**-Responsable técnico del laboratorio de diagnóstico fitosanitario.

<sup>1</sup>**Yunuen Rochín-Zepeda.**-Responsable técnico del laboratorio de diagnóstico fitosanitario.

<sup>1</sup>**Miguel Ángel Montiel-García.**-Coordinador técnico.

<sup>1</sup> **Carlos Alberto Gálvez-Figueroa.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.1

<sup>1</sup> **César Román Espinoza-Navarro.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.2

<sup>1</sup> **Francisco Javier Orduño-Espinoza.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.3

<sup>1</sup> **Federico Palazuelos-Ungson.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.4

<sup>1</sup> **Ismael López-Álvarez.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.5

<sup>1</sup> **José Antonio Gastélum-López.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.6

<sup>1</sup> **Jesús Enrique López-Verduzco.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.7

<sup>1</sup> **José David Escalante-Arredondo.**-Profesional Fitosanitario.-Z.F. No.8

<sup>3</sup>**Alexis Alberto Quintana Fong.**-Estudiante Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte.

<sup>3</sup>**Jesús Aurelio Ruiz Valenzuela.**-Estudiante Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte.

<sup>3</sup>**Gilder Ediel Rodríguez Vargas.**-Estudiante Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte.

<sup>1</sup> Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte.- Lázaro Cárdenas Pte. 315, Colonia Centro, CP 81200. Los Mochis, Sinaloa, México.

<sup>2</sup> Universidad de Occidente, Unidad Los Mochis, Dpto. de Ciencias Biológicas, Blvd. Macario Gaxiola y Carretera Internacional s/n, CP 81223. Los Mochis, Sinaloa, México.

<sup>3</sup> Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte (UAS). Calle 16 Av. Japaraqui S/N, C.P. 81110. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. 30 de mayo de 2014

<b>CONTENIDO</b>	II
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	III
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	IV
<b>RESUMEN</b>	VI
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>II JUSTIFICACIÓN</b>	11
<b>III. OBJETIVOS</b>	12
3.1. Objetivo general	12
3.2. Objetivos específicos	12
<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b>	13
4.1. Colecta de muestras para la identificación del agente causal del tizón foliar	13
4.1.1. Obtención de cultivos monosporicos del hongo asociado a los síntomas de la enfermedad	13
4.1.2. Identificación del hongo asociado al tizón foliar del maíz, mediante técnicas convencionales (morfometría y microscopia de luz).	14
4.2. Distribución, incidencia y severidad del tizón foliar en lotes comerciales de maíz en el Valle del Fuerte	15
4.2.1. Distribución de tizón foliar.	15
4.2.2. Incidencia y severidad de híbridos comerciales de maíz a <i>E. turcicum</i> en parcela experimental.	17
4.3. Control químico del agente causal del tizón foliar en el norte de Sinaloa	17
4.3.1. Inhibición <i>in vitro</i> del crecimiento micelial del hongo asociado al tizón foliar.	17
4.3.2. Efectividad biológica de fungicidas en el control del hongo asociado al tizón foliar del maíz	19
<b>V. RESULTADOS</b>	21
5.1. Síntomas del tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa	21
5.2. Caracterización del hongo asociado a lesiones de tizón foliar del maíz.	21

5.2.1. Morfología de conidios del hongo asociadas al tizón foliar.	23
5.3. Distribución, incidencia y severidad del hongo asociado al tizón foliar en el cultivo de maíz en el Valle del Fuerte	25
5.3.1. Distribución del hongo asociado al tizón foliar en el cultivo de maíz	25
5.3.2. Incidencia y severidad del tizón foliar causado por <i>E. turcicum</i> en híbridos de maíz en diferentes zonas del Municipio de Ahome y el Fuerte, Sin	25
5.3.3. Incidencia y severidad de <i>E. turcicum</i> en híbridos de maíz en el campo experimental La Despensa Ahome, Sin.	28
5.4. La incidencia y severidad del tizó foliar causado por <i>E. turcicum</i> y su relación con los períodos de humedad relativa $\geq 90\%$ y la temperatura.	29
5.5. Control químico del agente causal del tizón foliar en el norte de Sinaloa	31
5.5.1. Inhibición in vitro del crecimiento micelial del hongo asociado al tizón foliar.	31
5.5.2. Efectividad biológica de fungicidas en el control del tizón foliar del maíz causado por <i>E. turicum</i> .	33
<b>VI. DISCUSIÓN</b>	34
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	36
<b>IX. LITERATURA CITADA</b>	37

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Pág.
1	Productos y concentraciones ensayadas en la inhibición in vitro del agente causal del tizón foliar de maíz.	18
2	Fungicidas y dosis evaluados. En el estudio de evaluación de efectividad biológica de fungicidas para el control del tizón foliar del maíz en el cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ), en el Municipio de Ahome, Sinaloa.	20
3	Características morfológicas de aislamientos de <i>E. turcicum</i> en diferentes medios de cultivo.	22
4	Dimensiones ( $\mu\text{m}$ ) y número de septos en conidios de <i>Exserohilum turcicum</i> asociado al tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa	24
5	Incidencia y severidad del tizón foliar causado por <i>E. turcicum</i> en diferentes híbridos de maíz en diferentes sectores del norte de Sinaloa.	26
6	Incidencia y severidad del tizón foliar en el maíz en el norte de Sinaloa durante el 2014.	28
7	Efecto inhibitorio in vitro de trece fungicidas en el desarrollo micelial de <i>E. turcicum</i> .	32
8	Efectividad biológica de 3 fungicidas en el control del tizón foliar en un lote comercial de maíz, en Lomas de San Pablo, Ahome, Sinaloa	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Cultivo de maíz con síntomas de tizón foliar en el municipio de Ahome, Sin.	10
2	Síntomas del tizón foliar del maíz en los sitios de muestreos	13
3	Obtención de cultivo monosporico del hongo asociado al tizón foliar. A) Lesión de tizón foliar en cámara húmeda, B) esporulación abundante del hongo asociado a la enfermedad sobre un fragmento de hoja de maíz, C) conidio del hongo asociado a la enfermedad sobre AA y D) germinación del mismo en AA.	14
4	Morfometría de <i>Exserohilum turcicum</i> desarrollados sobre el medio de cultivo PDA.	15
5	Evaluación del <i>Exserohilum turcicum</i> en híbridos de maíz.	16
6	Referente para la determinación del porcentaje de área foliar afectada por el tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.	16
7	Aplicación foliar de fungicidas sistémicos en el cultivo de maíz	20
8	Síntomas de tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.	21
9	Características morfológicas del hongo del genero <i>Exserohilum</i> . Asociado al tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa. A) crecimiento de <i>Exserohilum</i> en PDA, B) conidióforos mostrando de 1 a 3 conidios en PDA, C) Conidio recto con hilum prominente, D) Conidio curvo con hilum prominente E) conidio aun adherido al conidióforo y con tubo germinativo en uno de sus extremos F) germinación bipolar de un conidio con apresorio prominente.	23
10	Distribución de <i>E. turcicum</i> en lotes comerciales maíz en el norte de Sinaloa. Los puntos blancos, amarillos, naranjas y rojos muestran lotes de maíz del híbrido P3254W, con porcentos de área foliar dañada del <1, 1-10, 11-20 y 20-30%, respectivamente.	25
11	Resistencia genética de híbridos de maíz al tizón foliar causado por <i>Exserohilum turcicum</i> . Las flechas blancas indican las lesiones causadas	27

por el hongo. A) Planta de maíz del híbrido Gorila y B) planta de maíz del híbrido P3254W.

12	Períodos diarios (horas) con humedad relativa $\geq 90\%$ en las áreas de La Despensa y Taxtes en la etapa de mayor incidencia del tizón foliar del maíz	29
13	Períodos diarios (horas) con temperatura de 18 a 26°C en las áreas de La Despensa y Taxtes en la etapa de mayor incidencia del tizón foliar del maíz.	30
14	Períodos diarios (horas) con temperaturas de 18 a 26°C en el área de La Despensa, Ahome, Sin. en el ciclo agrícola 2013-2014 ( en comparación en el mismo parámetro climático en el ciclo 2011-2012 ), donde no se presentó el tizón foliar del maíz.	31

## RESUMEN

México ocupa el cuarto lugar en producción mundial. Sinaloa es el principal productor con una producción anual que, dependiendo de la disponibilidad de agua en el sistema estatal de presas, a fluctuado de 5,500,000 a 3,646,000 toneladas de dicho cereal, lo cual representa el 16 % de la producción nacional. La producción de maíz se destina principalmente al consumo nacional y una parte de este grano se exporta a países como Venezuela, Colombia, Guatemala, Kenia, Mozambique, El Salvador y Sudafrica, entre otros. La producción y calidad de este grano se ve limitado por diferentes enfermedades y plagas.

En ciclos agrícola recientes se ha observado la incidencia del tizón foliar del maíz cuyo síntomas se asemejan al tizón foliar causado por el hongo *Exserohilum turcicum* Pass. Leonard y Suggs (sinónimo *Helminthosporium turcicum*). Por ejemplo, en el ciclo agrícola 2012-2013, esta enfermedad causó una disminución del rendimiento hasta un 50% en algunos lotes comerciales de maíz del norte de Sinaloa.

Durante el ciclo agrícola 2013-2014 se incrementó el número de predios de maíz afectados por el tizón foliar, en algunos de ellos se han realizado hasta 4 aplicaciones foliares con fungicidas sistémicos, para el control de la enfermedad.

Los períodos diarios de temperatura y humedad relativa óptimas para el desarrollo del tizón foliar del maíz se han incrementado en los últimos dos años en zonas cercanas a las costa en el norte de Sinaloa. Adicionalmente, el monocultivo de maíz, ha incrementado los niveles de inóculo en los residuos de la cosecha lo que, aunado con la susceptibilidad que presentan algunos híbridos a la enfermedad; sin duda, estos elementos han influido para el incremento de la incidencia y severidad de la enfermedad en la región.

Los resultados del presente estudio demostraron que el hongo *Exserohilum turcicum* se encuentra asociado de manera consistente al tizón foliar del maíz y que dicho hongo ha causado daños en predios de esta gramínea en el norte de Sinaloa donde no se había registrado su incidencia. La identificación de *E. turcicum* ha permitido que personal técnico de campo reconozcan los síntomas con mayor facilidad y con esto propongan al productor estrategias para el manejo de la enfermedad.

Cuando se detectaron los primeros brotes de la enfermedad en lotes comerciales de maíz en el Municipio de Ahome se desconocía su distribución, así como la existencia de híbridos resistentes a la enfermedad; esto condujo a la evaluación de la incidencia y severidad del



tizón foliar del maíz en 174 predios establecidos en los municipios de Ahome y el Fuerte. Los resultados indican que el hongo causó mayor daño en lotes de maíz en sectores cercanos a la costa y al río Fuerte, donde se presentaron condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad; dichos daños se correlacionaron con períodos prolongados de humedad relativa  $\geq 90\%$ , así como temperaturas que variaron de 18 a 26.9°C, lo cual favorece el desarrollo y dispersión de la enfermedad. Actualmente, los productores de maíz del municipio de Ahome y el Fuerte cuentan con el registro de áreas donde existe un mayor riesgo de daño por el hongo.

Se evaluó la resistencia de 18 híbridos de maíz blanco al tizón foliar. El híbrido P3254W presentó el mayor grado de susceptibilidad a *E. turcicum*, seguido de los híbridos DK-3000, DK2038, SYN2023 y NI R01 tanto a nivel experimental como en lotes comerciales. Por lo anterior se recomienda no utilizar dichos híbridos en predios cercanos a región costera y al río Fuerte pues en estas áreas las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la enfermedad además de que las densidades de inóculo del patógeno se han venido incrementando en los ciclos agrícolas recientes. Adicionalmente y con base en los resultados del presente estudio se recomienda la siembra de los híbridos P3258W (PIONNER), DK-2030, GARAÑÓN, GORILA (ASGROW S.A. DE C.V), SULTAN, MAXIMO (ASPROS COMERCIAL S.A. DE C.V), XR47, XR56, XR66 (CERES S.A. DE C.V.), NMI078 (SYNGENTA S.A. DE C.V), DAS 2308, DAS 2310 (DOW SEMILLAS) Y NUEVO (NOVASEM S.A. DE C.V), ya que estos mostraron niveles aceptables de resistencia aún en sectores con alta presión de la enfermedad, durante el presente ciclo agrícola 2013-2014.

Adicionalmente, se determinó la sensibilidad *in vitro* de 13 fungicidas sobre el crecimiento micelial de tres aislados del *E. turcicum* asociado al tizón foliar del maíz. También se determinó la efectividad biológica de tres fungicidas para el control de la enfermedad en campo. El hongo *E. turcicum* mostró sensibilidad *in vitro* a los fungicidas pyraclostrobin, propiconazol, tebuconazol, difenoconazol, epoxyconazol, fluodioxonil, clorotalonil, fluazinam, mancozeb a partir de la dosis baja (100 ppm); mientras que los fungicidas fluoxastrobin, trifloxystrobin, azoxistrobin del grupo de las estrobilurinas, y carbendazim, mostraron efectividad biológica a partir de la dosis alta (1,000 ppm). En experimentos de campo, los fungicidas Odin (tebuconazol), Vivarus EC (pyraclostrobin) y Amistar (azoxistrobin) ejercieron un control adecuado en el control de la enfermedad, pues el área foliar dañada en parcelas comerciales asperjadas con dichos fungicidas varió de 3.8 a

5.3% ; en contraste, con las parcelas testigo sin aplicación, las cuales mostraron un área foliar dañada de 15.3 %.

Es evidente que la resistencia genética es la mejor herramienta para el control del tizón foliar del maíz tal como se ha realizado en otras partes del mundo; sin embargo, es importante el conocimiento relativo a la efectividad biológica de fungicidas en el control de la enfermedad, particularmente en programas de mejoramiento genético, donde se utilizan líneas de alto valor en el proceso de formación de nuevos híbridos de maíz y en aquellos casos en los condiciones de alta presión de la enfermedad resulte redituable el control de la enfermedad en lotes comerciales de esta gramínea.

Finalmente, la identidad del hongo asociado a la enfermedad, los hallazgos sobre híbridos resistentes; así como la ubicación de sectores del valle donde predominan condiciones climáticas favorables para el desarrollo del tizón foliar, contribuirá al manejo de dicha enfermedad en la región.

## I. INTRODUCCIÓN.

El maíz es uno de los cultivos más importantes en Sinaloa, el cual es afectado por varias enfermedades foliares. En ciclos agrícola recientes se ha observado la incidencia del tizón del maíz cuyo síntoma se asemejan al tizón foliar causado por el hongo *Exserohilum turcicum* Pass. Leonard & Suggs (sinónimo *Helminthosporium turcicum*). En el ciclo agrícola 2012-2013, esta enfermedad causó una disminución del rendimiento hasta un 50% en algunos lotes comerciales de maíz del norte de Sinaloa.

Durante presente ciclo agrícola se ha incrementado el número de pedios de maíz afectados por el tizón foliar, en algunos de ellos se han realizado hasta 4 aplicaciones foliares con fungicidas sistémicos, para el control de la enfermedad.

La enfermedad se presenta en zonas con alta humedad relativa y temperaturas que oscilan entre los 17-28°C. Los primeros síntomas se observan en lotes con antecedentes de incidencia de la enfermedad. El hongo sobrevive en el rastrojo en forma de conidios y clamidosporas, las cuales germinan y se propagan mediante el salpique de lluvia y el viento (Robert *et al.*, 1952, 1964; Asare, 1964; Boosalis *et al.* 1967, Levy, 1984). La infección por lo general inicia en las hojas inferiores y cuando la infección progresa el hongo invade las hojas superiores. Los primeros síntomas consisten en manchas cloróticas ovaladas las cuales se transforman en zonas necróticas. Cuando los síntomas son severos puede causar atizonamiento total del follaje en los híbridos susceptibles (figura 1) (Levy *et al.* 1992; CIMMYT, 2014).

En híbridos susceptibles, el hongo destruye el follaje causando una disminución del rendimiento que varía del 28 al 91 % en la producción de este grano (Rajeshwar *et al.*, 2013).

La severidad de la enfermedad depende de la densidad de inóculo, condiciones ambientales y el grado de susceptibilidad de los híbridos. Cuando el hongo infecta a plantas de 3 y 4 semanas de edad, puede provocar la muerte de éstas; en cambio si la infección inicia antes de la floración la disminución de la producción del grano puede alcanzar hasta el 50% o más (Perkins *et al.*, 1987).

En algunos países se ha recurrido como una estrategia de control de la enfermedad en cuestión, donde las aplicaciones de fungicidas son utilizadas cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo y dispersión de la misma. Esta práctica

reduce las pérdidas causadas por el hongo en híbridos susceptibles de maíz (Begum *et al.*, 1993); sin embargo esta estrategia incrementa los costos de producción.



**Figura 1.** Cultivo de maíz con síntomas de tizón foliar en el municipio de Ahome, Sin.

La resistencia genética representa la medida más adecuada y por lo tanto más frecuente para el manejo de la enfermedad. Sin duda, esta estrategia de manejo ha reducido de manera importante las pérdidas ocasionadas por el tizón foliar en áreas productoras de maíz en diferentes parte del mundo; en este sentido, resaltan diferentes trabajos donde se hace alusión a los genes *Ht1*, *Ht2*, *Ht3*, *HtM*, and *HtN* (Gevers, 1975; Hooker 1961, 1963a, 1963b, 1965, 1975, 1977, 1978; Raymundo, 1981; Robbins, 1993). La presencia de estos genes puede provocar menor cantidad de lesiones y de menor tamaño de la lesión en las hojas. De la amplia gama de híbridos de maíz blanco que se siembran en Sinaloa, a la fecha se desconocen los niveles de resistencia a *Exserohilum turcicum*, agente causal del tizón foliar del maíz.

Por todo lo anterior, en el presente trabajo se evaluó la distribución, incidencia, y severidad, del tizón foliar en diferentes híbridos en el municipio de Ahome y el Fuerte. También se determinó la efectividad biológica *in vitro* de 13 fungicidas en la inhibición del crecimiento micelial y la esporulación del hongo.

## II. JUSTIFICACIÓN.

Por la superficie de siembra, valor de la producción y su consumo, el cultivo de maíz es considerado como uno de los principales cultivos en México. Sinaloa es el principal productor de este cereal, donde anualmente se producen aproximadamente 3,646,000 toneladas lo cual representa el 16% de la producción nacional.

El tizón foliar del maíz causado por *Exserohilum turcicum* es una de las enfermedades más importantes del cultivo; esta enfermedad ha causado la disminución de los rendimientos de hasta de 91% en algunas zonas productoras de maíz el mundo.

En ciclos agrícolas recientes el tizón foliar se incrementado su incidencia y severidad en algunos sectores del municipio de Ahome, provocando disminución del rendimiento de hasta un 50% en algunos lotes comerciales de maíz.

Los fungicidas se han utilizado como una herramienta en el manejo de la enfermedad en algunas partes del mundo; Por otro lado, el uso de híbridos resistentes a la enfermedad se ha sido la principal forma de manejo de la enfermedad a nivel global.

Aun cuando en Sinaloa se han observado síntomas similares a los causados por el tizón foliar del maíz en los Estados Unidos de Norteamérica, no existen trabajos científicos que sustenten la identidad del hongo asociado a los síntomas del tizón foliar; tampoco se había estudiado la distribución e incidencia de la enfermedad en los híbridos de maíz y se desconoce la efectividad biológica de fungicidas para el control de la enfermedad en caso de justificarse su uso como herramienta de control.

Con base en lo anterior, se desarrolló el presente trabajo de investigación en el cual se muestran resultados sobre la identificación, y el manejo de la enfermedad en el cultivo de maíz en el norte de Sinaloa.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general.**

Identificar y determinar la distribución, incidencia y severidad del tizón foliar causado por *Exserohilum turcicum* en 18 híbridos de maíz, y determinar la sensibilidad del patógeno a fungicidas y proponer estrategias para el manejo de la enfermedad en maíz en el norte de Sinaloa.

#### **3.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la identidad del hongo *Exserohilum turcicum* asociado al tizón foliar del maíz.
- Determinar la distribución del tizón foliar causado por *Exserohilum turcicum* en lotes comerciales de maíz en el norte de Sinaloa.
- Determinar la resistencia genética de híbridos a tizón foliar del maíz en el ciclo agrícola 2013-2014.
- Determinar la efectividad biológica *in vitro* de 13 fungicidas en la inhibición del crecimiento micelial.
- Determinar la efectividad biológica de fungicidas en el control del tizón foliar en campo.



#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

##### 4.1. Colecta de muestras para la identificación del agente causal del tizón foliar.

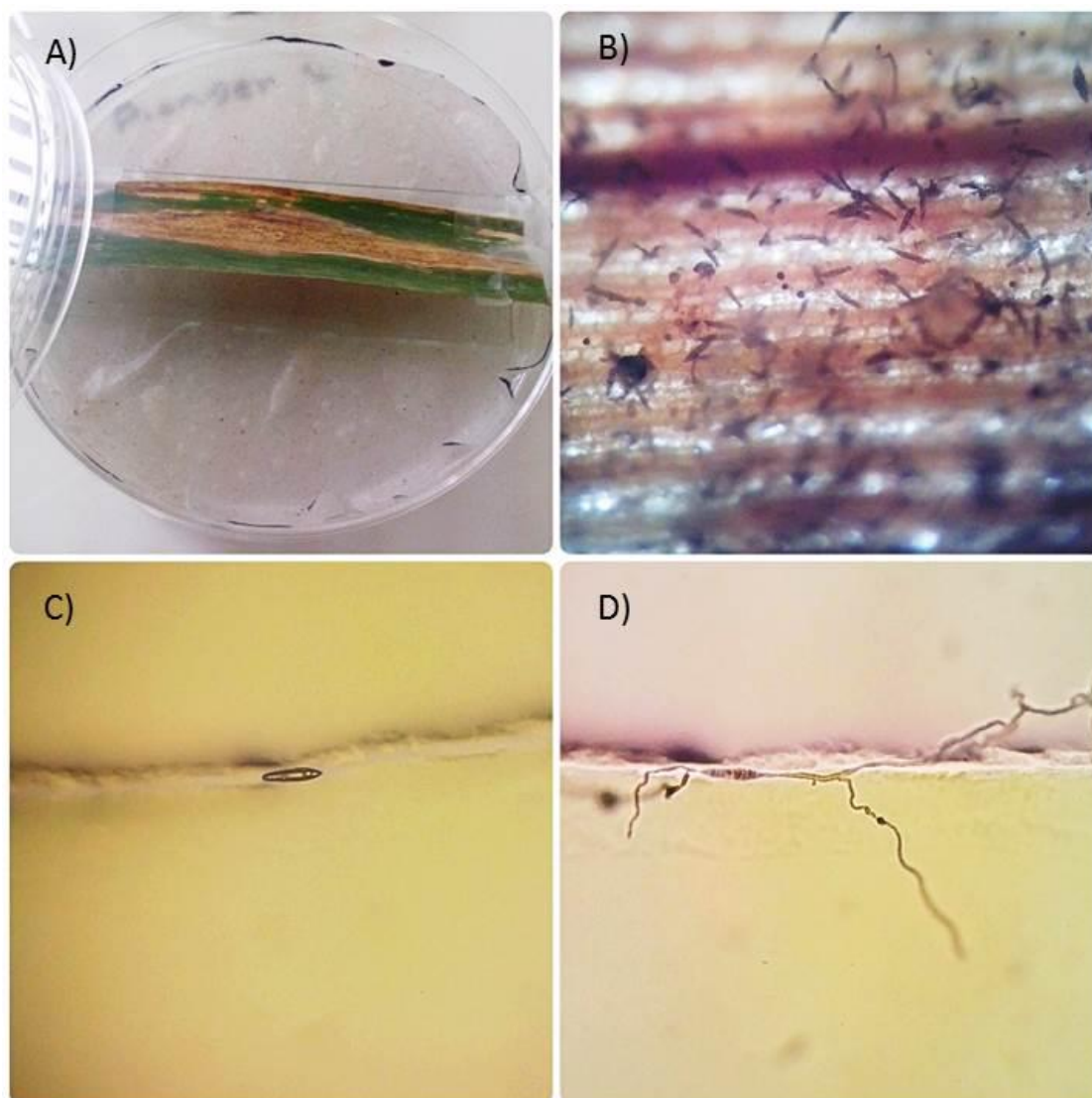
Hojas de maíz con tizón foliar (figura 2), se colectaron en lotes comerciales de maíz en el municipio de Ahome y El Fuerte durante el ciclo agrícola 2013-2014. Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno; enseguida se depositaron en una hielera y se trasladaron al laboratorio para su procesamiento.



**Figura 2.** Síntomas del tizón foliar del maíz en los sitios de muestreos.

##### 4.1.1. Obtención de cultivos monospóricos del hongo asociado a los síntomas de la enfermedad.

Las lesiones típicas de la enfermedad se incubaron en cámara húmeda durante 48 hrs a 25°C en condiciones de obscuridad continua para obtener un mayor número de conidios del hongo asociado a los síntomas. Para visualizar un conidio se utilizó un microscopio óptico; el conidio se separó del tejido sintomático con una aguja entomológica y deslizó sobre el medio de cultivo agar agua (AA), para someterse a incubación durante 12 hrs. Y transferirse de manera pura a otra caja Petri con el mismo medio de cultivo. Los cultivos se incubaron durante 10 días a 25°C en condiciones de obscuridad continua (Figura 3).



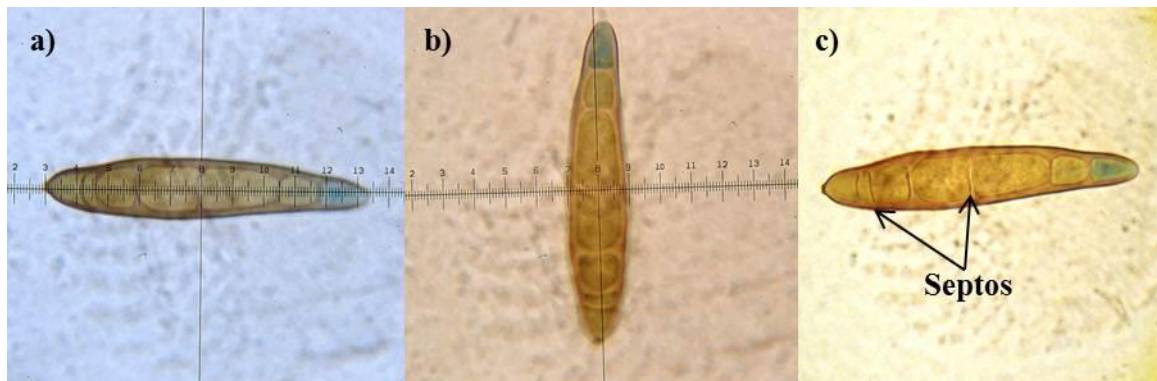
**Figura 3.** Obtención de cultivo monospórico del hongo asociado al tizón foliar. A) Lesión de tizón foliar en cámara húmeda, B) esporulación abundante del hongo asociado a la enfermedad, sobre un fragmento de hoja de maíz, C) conidio del hongo asociado a la enfermedad sobre AA y D) germinación del mismo en AA.

#### **4.1.2 Identificación del hongo asociado al tizón foliar del maíz, mediante técnicas convencionales (morfometría y microscopia de luz).**

Para la determinación de las características morfológicas de los aislados del hongo se utilizó el medio de cultivo PDA y Agar Agua. El hongo se transfirió a cajas de petri conteniendo los medios de cultivo en mención. Los cultivos se incubaron durante 12-13 días a 25°C en oscuridad continua y se registraron las características de la colonia tales como la forma de crecimiento y coloración. Las características morfométricas de los conidios del hongo se determinaron a partir de cultivos en PDA de 13 días de edad. A



partir de 10 cultivos puros se hicieron preparaciones semipermanentes de conidios, utilizando lactofenol azul. En Veinticinco conidios de cada aislamiento se determinó su longitud y diámetro en la parte más ancha de los mismos, así como el número de septos y su forma (figura 4) (Leonard *et.al.* 1989).



**Figura 4.** Morfometría de *Exserohilum turcicum* desarrollados sobre el medio de cultivo PDA.

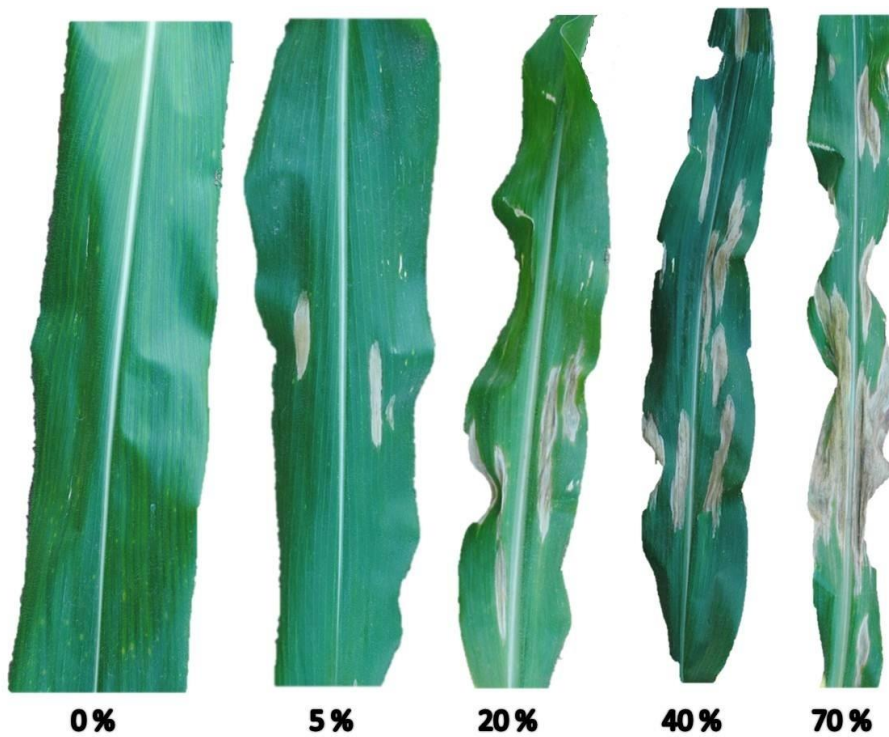
## **4.2. Distribución, incidencia y severidad del tizón foliar en lotes comerciales de maíz en el Valle del Fuerte.**

### **4.2.1. Distribución de tizón foliar.**

Para determinar la distribución, de la enfermedad, se evaluaron 115 lotes comerciales de maíz del híbrido P3254W en el norte de Sinaloa durante el 2014. En cada lote comercial seleccionado, se realizó muestreo que consistió en el método “5 de oros”. Se tomó un punto en cada esquina y otro en el centro. En cada punto de muestreo se evaluaron 10 plantas, dando un total de 50 plantas por lote (figura 5). Posteriormente, cada planta se dividió en tres tercios; en cada tercio se seleccionó una hoja en la que se estimó en porcentaje el área afectada por el tizón foliar (figura 6) muestreándose un total de 150 hojas por lote. Diez de estas hojas se llevaron al laboratorio para el aislamiento e identificación del hongo asociado a la enfermedad



**Figura 5.** Evaluación del *Exserohilum turcicum* en híbridos de maíz.



**Figura 6.** Referente para la determinación del porcentaje de área foliar afectada por el tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.

#### **4.2.2. Incidencia y severidad de híbridos comerciales de maíz al tizón foliar en parcela experimental.**

Se evaluó la incidencia y severidad del tizón foliar en 18 híbridos de maíz: P3254W, P3258W (PIONNER), DK-2030, DK-2038, DK-3000 (DEKALB), GARAÑÓN, GORILA (ASGROW S.A. DE C.V), SULTAN, MAXIMO (ASPROS COMERCIAL S.A. DE C.V), XR47, XR56, XR66 (CERES S.A. DE C.V.), SYN2023, NMI078 (SYNGENTA S.A. DE C.V), DAS 2308, DAS 2310 (DOW SEMILLAS) N1R01 Y NUEVO (NOVASEM S.A. DE C.V) en el lote experimental “La Despensa” de Fundación Produce Sinaloa. Para determinar la incidencia y severidad en los diferentes materiales de maíz se aplicó el método cinco de oro tales como se realizó en estudios de campo (4.2.1).

#### **4.3. Control químico del agente causal del tizón foliar en el norte de Sinaloa.**

##### **4.3.1. Inhibición *in vitro* del crecimiento micelial del hongo asociado al tizón foliar.**

Se determinó la sensibilidad *in vitro* de tres aislados del hongo asociado al tizón foliar a los fungicidas siguientes: Vivarus EC (Pyraclostrobin), Tilt 250 EC (Propiconazol), Odin® (Tebuconazole), Score 250 CE (Difenoconazole), Opos (Epoxyconazol), Maxim 5FS (Fluodioxonil), Cloronil 720 (Clorotalonil), Tega 500 SC (Trifloxystrobin), Shogun 500 FW (fluazinam), Flonex 40 (Mancozeb), Amistar® (Azoxistrobin), Ultra lite 500 F (Carbendazim), Vigold® (Fluoxastrobin). En el cuadro 1 se describen los productos de prueba así como las dosis formuladas e ingrediente activo de los diferentes tratamientos.

**Cuadro 1.** Productos y concentraciones ensayadas en la inhibición *in vitro* del agente causal del tizón foliar de maíz.

<b>Trat.</b>	<b>Producto/ingrediente activo</b>	<b>Concentración de i. a.*</b>	<b>Concentración ensayada**</b>
1	<b>Vivarus EC:</b> Pyraclostrobin 250 gr de i.a./l	100	160 ml / 400 L
		1,000	1.6 L / 400 L
2	<b>Tilt 250 EC:</b> Propiconazol 250 gr de i.a./l	100	160 ml / 400 L
		1,000	1.6 L / 400 L
3	<b>Odin 43SC:</b> Tebuconazol 430 gr de i.a. /l	100	160 ml / 400 L
		1,000	1.6 L / 400 L
4	<b>Score 250 CE :</b> Difenoconazol 250 gr de i.a. /l	100	160 ml / 400 L
		1,000	1.6 L / 400 L
5	<b>Opos®:</b> Epoxyconazol 122 gr de i.a./l	100	32 ml / 400 L
		1,000	320 ml / 400 L
6	<b>Maxim 5FS:</b> Fluodioxonil 400 gr de i.a./l	100	98.6 ml / 400 L
		1,000	986 ml / 400 L
7	<b>Cloronil 720 SC:</b> Clortalonil 720 gr de i.a./l	100	53.3 ml / 400 L
		1,000	533 ml / 400 L
8	<b>Tega 500 SC:</b> Trifloxystrobin 500 gr de i.a. /l	100	80 ml / 400 L
		1,000	800 ml / 400 L
9	<b>Shogun 500 FW :</b> Fluazinam 500 gr de i.a. /l	100	98.6 ml / 400 L
		1,000	986 ml / 400 L
10	<b>Flonex 40:</b> Mancozeb 400 gr de i.a./l	100	98.6 ml / 400 L
		1,000	986 ml / 400 L
11	<b>Amistar®:</b> Azoxistrobin 500 gr de i.a./l	100	80 ml / 400 L
		1,000	800 ml / 400 L
12	<b>Ultra lite 500 F:</b> Carbendazim 500 gr de i.a. /l	100	80 ml / 400 L
		1,000	800 ml / 400 L
13	<b>Vigold®:</b> Fluoxastrobin 480gr de i.a./l	100	80 ml / 400 L
		1,000	800 ml / 400 L

\* Miligramo de ingrediente activo por litro de agua.

\*\* Gramos o mililitros de producto formulado por 400 litros de agua.

Los fungicidas en sus diferentes dosis se agregaron a medio de cultivo AA (Agar Agua); los productos se ensayaron en las dosis de 100 ppm, 1000 ppm y se incluyó un tratamiento sin fungicida; se realizaron tres cajas petri por tratamiento (tres repeticiones). Los productos se adicionaron al medio de cultivo después de su esterilización y previo a su transferencia a las caja de Petri, cuando el medio alcanzo 45°C. Sobre el medio de cultivo con las diferentes dosis de los fungicidas se transfirieron tres aislados del hongo con crecimiento activo en PDA (Papa Dextrosa Agar) a 25°C en obscuridad continua durante

13 días. Para la transferencia del hongo a las cajas de medio de cultivo con los diferentes fungicidas se utilizaron discos de 8 mm de diámetro del margen de las colonias del hongo.

Los cultivos se incubaron durante 13 días a 25°C en oscuridad continua. Enseguida se determinó la efectividad biológica de los fungicidas en la inhibición del desarrollo micelial.

El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$I = (C - T / C) 100$$

Donde:

I= porcentaje de inhibición.

C= crecimiento micelial del control (mm).

T= crecimiento micelial del tratamiento (mm).

#### **4.3.2. Efectividad biológica de fungicidas en el control del hongo asociado al tizón foliar del maíz.**

El estudio se estableció en el híbrido de maíz DK-300 en terrenos de un agricultor cooperante, en el municipio de Ahome, Sinaloa, durante el ciclo Otoño-Invierno 2013-2014.

El terreno donde se realizó el estudio de textura arenosa, y previo a la siembra se sometió a barbecho, doble rastreo (disqueo), nivelación y marca de surcos de siembra a 0.9 m. Se recurrió a siembra directa a una hilera la cual se realizó el 20 de noviembre del 2013. Las labores agronómicas como riegos, cultivo, deshierbes, etc. se llevaron a cabo siguiendo recomendaciones regionales para obtener los mejores rendimientos en sistema de riego por goteo. Las aplicaciones de los fungicidas se iniciaron cuando el cultivo presentó el estado fenológico jiloteó, a los 75 días después de la siembra cuando se observaron los daños de tizón foliar hasta de 16 % en las unidades experimentales.

Se utilizó una aspersora con 5 aguilonos de seis boquillas de cono hueco No. 6X Cone Jet conectada a un tractor y con un gasto de agua de 400 L/ha durante la aplicación de los fungicidas (Figura 9).



**Cuadro 2.** Fungicidas y dosis evaluados. En el estudio de evaluación de efectividad biológica de fungicidas para el control del tizón foliar del maíz en el cultivo de maíz (*Zea mays*), en el Municipio de Ahome, Sinaloa.

No. de tratam.	Tratamiento	Formulación	Dosis/ha*
1	Odin® (Tebuconazol)	Líquida	500
2	Amistar® (Azoxistrobin)	Sólida	500
3	Vivarus EC	Líquida	500
5	Testigo sin aplicación	-.-	-.-

\* Gramos o mililitros de producto formulado por hectárea.



**Figura 7.** Aplicación foliar de fungicidas sistémicos en el cultivo de maíz

Para determinar la efectividad biológica de los fungicidas contra la enfermedad, se realizó un muestreo de cinco de oros, previo a la única aplicación de fungicidas (figura 7); un segundo muestreo se realizó a los 10 días después de la dicha aplicación. Para la determinación de los niveles de área afectada por la enfermedad se recurrió al mismo procedimiento que en el apartado 4.2.1.

## V. RESULTADOS.

### 5.1. Síntomas del tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.

En campo, las hojas del maíz presentaban manchas ovaladas alargadas paralelas bien definidas de color gris oscuro con un halo amarillo que dan lugar a amplias áreas necróticas que doblan o secan las hojas (figura 8). La longitud de las lesiones varió de 8 hasta 25 mm y un ancho de 2-6 cm, las cuales no estaban delimitadas por la nervadura. Los primeros síntomas y mayor severidad se observaron en tercio inferior de la planta, y los daños tendieron a disminuir en el tercio superior de las plantas.



**Figura 8.** Síntomas de tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.

### 5.2. Caracterización del hongo asociado a lesiones de tizón foliar del maíz.

Las colonias de diez aislados del hongo asociado al tizón foliar del maíz crecieron en forma irregular en el medio de cultivo PDA, su color en este medio de cultivo fue de café olivo y olivo (figura 9 A). En medio de cultivo agar agua (AA) el crecimiento de las colonias fue uniforme, y su color predominante fue gris (Cuadro 3). Es importante

mencionar que los aislados ET7 y ET9 presentaron una mayor tasa de crecimiento en comparación con el resto de los aislamientos tanto en PDA como en AA.

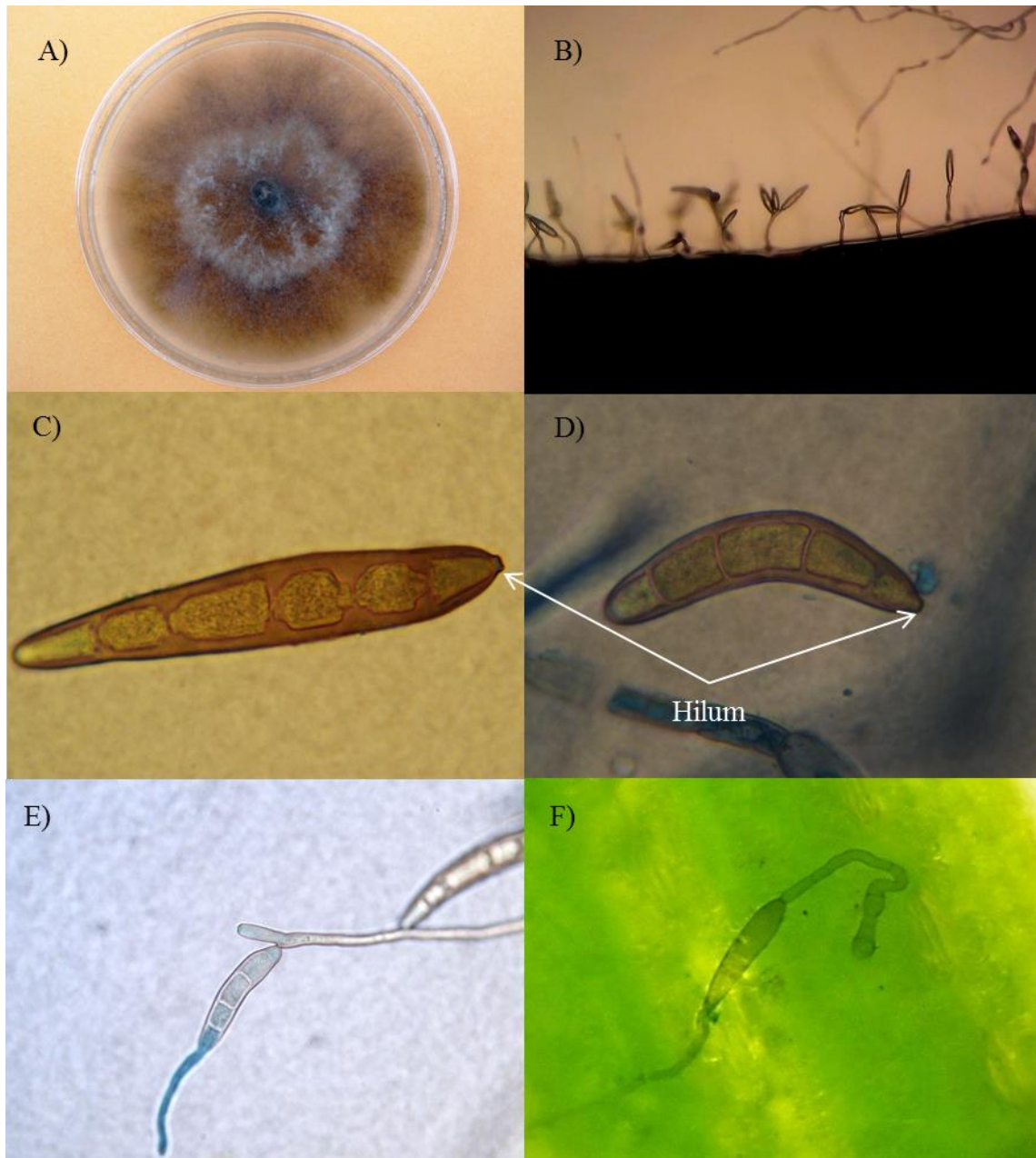
**Cuadro 3.** Características morfológicas de aislamientos de *E. turcicum* en diferentes medios de cultivo.

Aislado	Crecimiento de la colonia (PDA)	Color de la colonia en:		forma de los conidios (PDA)
		PDA*	AA*	
ET1	Lento con borde irregular	Olivo	Gris	Recto y curvo
ET2	Lento con borde irregular	Café olivo	Gris	Recto y curvo
ET3	Lento con borde irregular	Café olivo	Gris	Recto y curvo
ET4	Lento con borde irregular	Café olivo	Gris	Recto y curvo
ET5	Lento con borde irregular	Café olivo	Gris	Recto y curvo
ET6	Lento con borde irregular	Olivo	Gris	Recto y curvo
ET7	Rápido con borde irregular	Olivo	Gris	Recto y curvo
ET8	Lento con borde irregular	Olivo	Gris	Recto y curvo
ET9	Rápido con borde irregular	Olivo	Gris	Recto y curvo
ET10	Lento con borde irregular	Olivo	Gris	Recto y curvo

\*Medios de cultivo: PDA= Agar dextrosa papa; AA= Agar agua.

Todos los aislados presentaron de 1-3 conidios unidos a los conidióforos (figura 9 B). En ambos medios de cultivo los diferentes aislados desarrollaron conidios rectos y curvos de forma elipsoidal, los cuales presentaban un hilum prominente, esto es una característica distintiva para la identificación del género *Exserohilum* (figura 9, C y D). En los aislamientos la mayoría de los conidios presentaban tubos germinativos en ambos extremos y en una menor proporción presentó sólo un tubo germinativo. Solamente en los conidios germinados sobre fragmentos de hojas de maíz se mostraron apresorio en el tubo germinativo (figura 9, E y F).





**Figura 9.** Características morfológicas del hongo del genero *Exserohilum*. Asociado al tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa. A) crecimiento de *Exserohilum* en PDA, B) conidióforos mostrando de 1 a 3 conidios en PDA, C) Conidio recto con hilum prominente, D) Conidio curvo con hilum prominente E) conidio aun adherido al conidióforo y con tubo germinativo en uno de sus extremos F) germinación bipolar de un conidio con apresorio prominente.

### 5.2.1. Morfología de conidios del hongo asociadas al tizón foliar.

Los promedios de la longitud y diámetro (en micras) de los conidios de 10 aislados incluidos en el presente estudio indican que el hongo asociado al tizón foliar del maíz es *E. turcicum* (Cuadro 4). Todos los aislamientos presentaron micelio septado, los conidios

fueron rectos y curvos con una longitud de 44 a 123  $\mu\text{m}$  y 10 a 21 $\mu\text{m}$  de ancho; los conidios sobre las hojas en condiciones de alta humedad relativa muestran un tubo germinativo con longitud mayor al diámetro del conidio en su parte más ancha.

**Cuadro 4.** Dimensiones ( $\mu\text{m}$ ) y número de septos en conidios de *Exserohilum turcicum* asociado al tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.

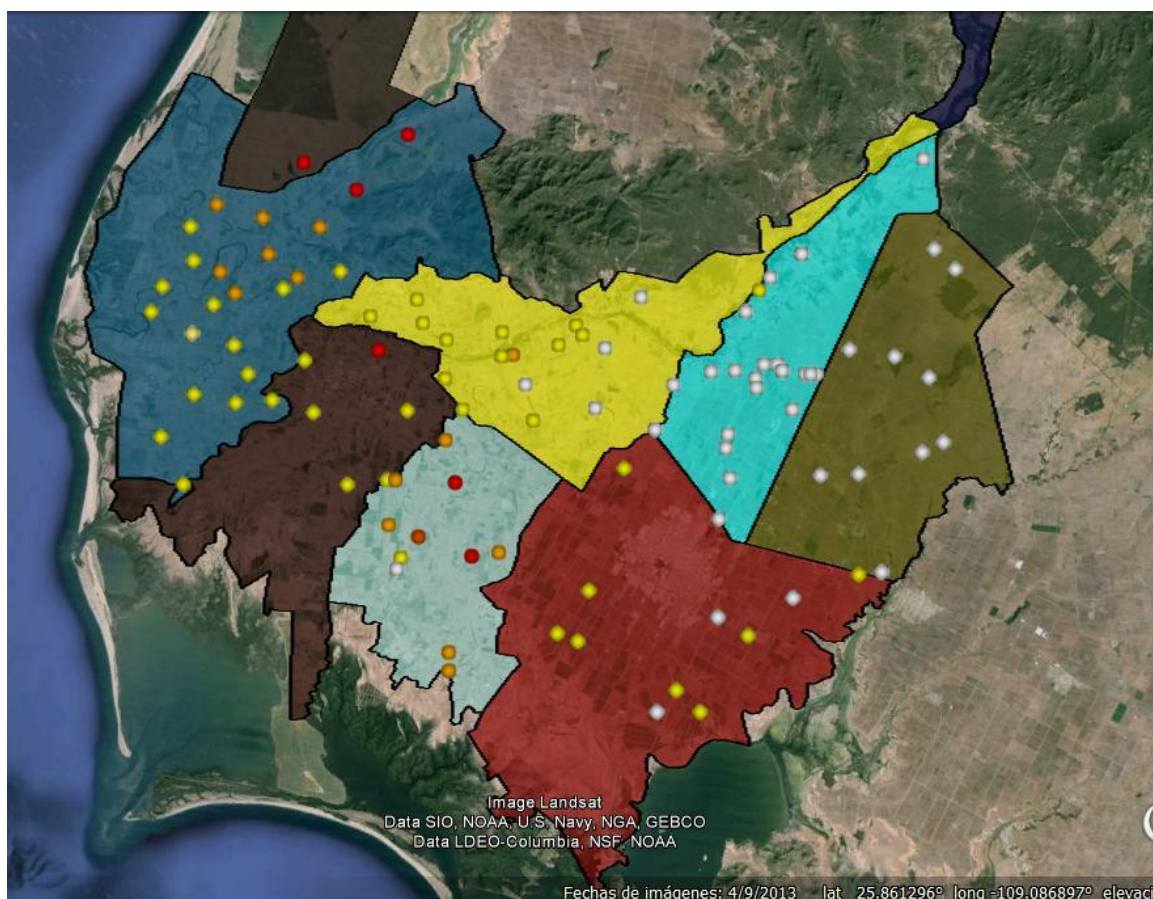
Aislamiento	Conidios		
	Largo	Ancho	No. De Septos
ET1	<sup>x</sup> 55-100	13-17	3-7
	<sup>y</sup> 84.36	15	5.08
	<sup>z</sup> 9.8	1.1	0.9
ET2	56-100	10-18	4-6
	82.56	14.44	5
	10.3	1.7	0.5
ET3	75-110	13-20	5-7
	92.6	15.44	5.92
	9.6	1.8	0.7
ET4	80-123	15-20	5-7
	104.32	15.52	6.24
	12.1	1.3	0.5
ET5	54-105	13-17	4-7
	85.08	14.8	5.16
	11.2	1.1	0.8
ET6	50-98	11-20	3-5
	79.4	14.04	4.2
	13.52	2.26	0.75
ET7	60-106	11-21	3-6
	87.56	14.69	3.92
	12.12	2.67	0.90
ET8	50-105	11-21	3-9
	83	16.24	4.2
	15.25	3.24	1.48
ET9	44-105	11-18	3-5
	81.12	13.84	3.92
	9.18	1.95	0.75
ET10	48-95	11-19	3-5
	72.92	14.16	3.96
	13.40	1.87	0.73
Promedio de 10 muestras	44-123	10-21	3-7
	85.29	14.82	4.72
	14.31	1.98	1.11

La primera línea presenta la longitud máxima y mínima de los conidios(x); la segunda línea indica los promedios de 25 conidios en cada muestra (y), mientras la tercera línea representa a la desviación estándar de los datos (z).

### 5.3. Distribución, incidencia y severidad del hongo asociado al tizón foliar en el cultivo de maíz en el Valle del Fuerte.

#### 5.3.1. Distribución del hongo asociado al tizón foliar en el cultivo de maíz.

Los resultados muestran que el tizón foliar del maíz se encontró en la mayoría de los predios de maíz muestreados en el presente estudio. En la figura 10 se observa que la mayor severidad de la enfermedad ocurrió en lotes de maíz ubicados cerca de la zona costera, así como en aquellos lotes establecidos cerca del Río Fuerte.



**Figura 10.** Distribución de *E. turcicum* en lotes comerciales maíz en el norte de Sinaloa. Los puntos blancos, amarillos, naranjas y rojos muestran lotes de maíz del híbrido P3254W, con porcentos de área foliar dañada del <1, 1-10, 11-20 y 20-30%, respectivamente.

#### 5.3.2. Incidencia y severidad del tizón foliar causado por *E. turcicum* en híbridos de maíz en diferentes zonas del Municipio de Ahome y el Fuerte, Sin.

De los 167 lotes comerciales del maíz muestreados en 9 sectores del Valle de El Fuerte, la incidencia y severidad (expresada en % de área foliar dañada) de la enfermedad en el predio Santa Rosa y 5 de Mayo fue de 0 a insignificante; en estos predios la enfermedad

sólo se presentó en el híbrido P3254W y mostró una severidad muy leve de la enfermedad; en cambio, otros híbridos comerciales no mostraron síntomas de la enfermedad. El resto de los sectores muestreados donde se incluyeron diversos híbridos comerciales mostraron niveles de incidencia y severidad promedio que variaron desde muy leve 0.06 hasta 17.35% resaltando el híbrido P3254W por su mayor susceptibilidad al tizón foliar del maíz (Cuadro 5; Figura 11); sobre todo en sectores con períodos prolongados de humedad relativa de  $\geq 90\%$ .

**Cuadro 5.** Incidencia y severidad del tizón foliar causado por *E. turcicum* en diferentes híbridos de maíz en diferentes sectores del norte de Sinaloa.

Sector	Híbrido	Predios muestreados	Severidad (promedio)
<b>Concheros-9 de Diciembre</b>	P3254W	13	3.5
	SULTAN	1	1.3
	DK2038	4	0
	GORILA	1	0
<b>Santa Rosa- Los Tercos</b>	P3254W	11	0
	GARAÑON	1	0
	GORILA	2	0
	CEBU	1	0
<b>5 de Mayo- Sufragio</b>	P3254W	23	0.4
	DK-2038	2	0
	DK-3000	1	0
	SULTAN	1	0
	GORILA	2	0
	NMI078	1	0
	DAS2301	1	0
	DK-2030	1	0
<b>Olas Altas-Bachomobampo</b>	P3254W	20	13.3
	SULTAN	2	4.6
	GORILA	2	2.4
	DK-2038	2	1.2
	N <sub>1</sub> R01	1	1.0
	P3258W	1	0.7
	NMI078	2	0.6
<b>Aguila Azteca - El Guayabo</b>	P3254W	20	3.2
	SULTAN	1	0.7
	DK-3000	1	0.2
	GORILA	1	0
	DK-2038	1	0
<b>Ahome- Grullas Izquierda</b>	P3254W	6	7.6
	NMI078	1	3.8
	CARIBU	1	1.6



GORILA	1	0.7
DK2038	1	0.2

Continuación de la tabla

Sector	Híbrido	Predios muestreados	Severidad (promedio)
<b>Ahome- Grullas Izquierda</b>	GARAÑON	1	0.2
	SULTAN	1	0.1
	XR47	1	0.1
<b>San Isidro- Grullas Derecha</b>	P3254W	24	9.0
	DK 2038	2	4.0
	XR47	1	0.4
	GARAÑON	2	0.4
	DK-2030	1	0
<b>El Fuerte</b>	DK-3000	1	0.8
	GARAÑON	1	0.6
	DK 2036	1	0.6
	CEBU	2	0.3
	SULTAN	1	0.2
	MAXIMO	1	0.1
<b>Despensa-Bolsa de Tosalibampo No.2 Temporal</b>	P3254W	1	17.3
	XR-56	1	11.1
	MAXIMO	1	11.0
	DK-2030	2	4.0
	DK-2038	1	7.2



**Figura 11.** Resistencia genética de híbridos de maíz al tizón foliar causado por *Exserohilum turcicum*. Las flechas blancas indican las lesiones causadas por el hongo. A) Planta de maíz del híbrido Gorila y B) planta de maíz del híbrido P3254W.

### 5.3.3. Incidencia y severidad de *E. turcicum* en híbridos de maíz en el campo experimental La Despensa Ahome, Sin.

En el lote experimental de La Despensa, la incidencia de *E. turcicum* en los 18 híbridos de maíz varió de 5–93 %, donde los híbridos DK-3000, N1R0, DK2038, SYN2023 y P3254W mostraron los mayores valores de incidencia (Cuadro 6). Los cuales también presentaron mayor severidad por la enfermedad.

Con base en estos resultados de los trabajos desarrollados en el ciclo agrícola 2013-2014, se recomienda a los productores de maíz evitar la siembra de los híbridos P3254W, DK-3000, DK2038, SYN2023 y N1R01, en sectores cercanos a la costa y al Rio Fuerte en el municipio de Ahome, donde los períodos con follaje mojado y humedad relativa  $\geq 90\%$  son más prolongados que en otros sectores del Valle de El Fuerte.

Se recomienda, además la siembra de los híbridos P3258W (PIONNER), DK-2030, GARAÑÓN, GORILA (ASGROW S.A. DE C.V), SULTAN, MAXIMO (ASPROS COMERCIAL S.A. DE C.V), XR47, XR56, XR66 (CERES S.A. DE C.V.), NMI078 (SYNGENTA S.A. DE C.V), DAS 2308, DAS 2310 (DOW SEMILLAS) Y NUEVO (NOVASEM S.A. DE C.V) pues estos mostraron un alto grado de resistencia a la enfermedad durante el desarrollo del presente estudio en el ciclo agrícola 2013-2014.

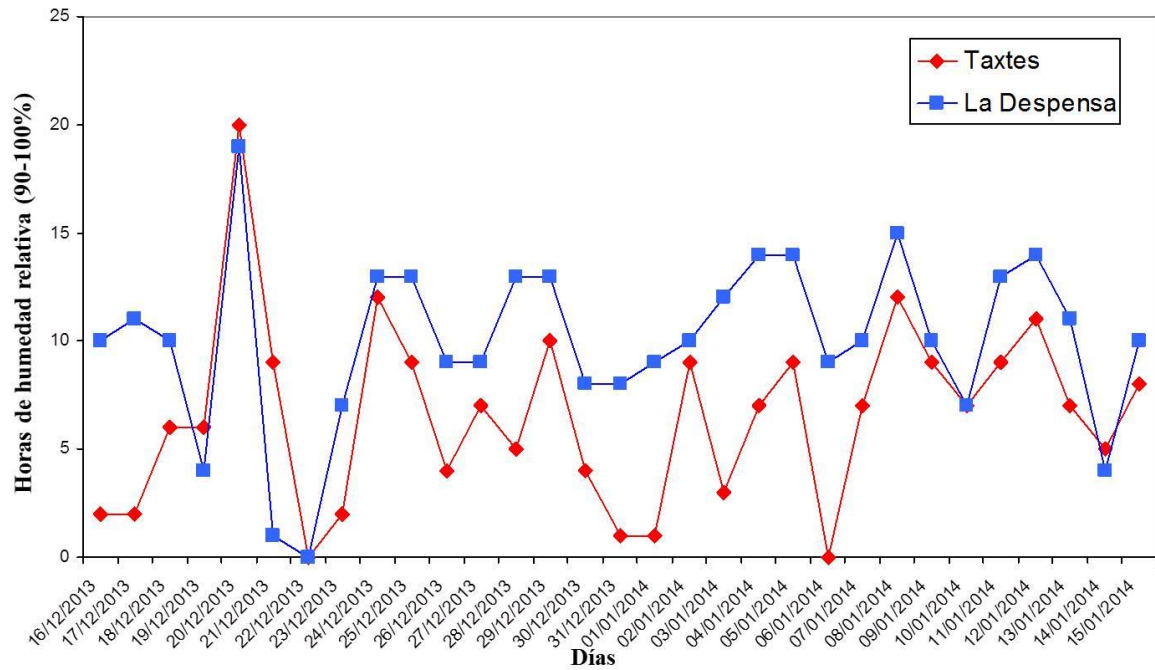
**Cuadro 6.** Incidencia y severidad del tizón foliar en el maíz en el norte de Sinaloa durante el 2014.

No.	Híbrido	Hojas muestreadas	Incidencia*	Severidad**
1	P3254W	PIONNER	93 (Alto)	12.0(Alto)
2	P3258W	PIONNER	15 (Bajo)	6.0 (Bajo)
3	DK-2030	DEKALB	8 (Bajo)	0.4 (Bajo)
4	DK-2038	DEKALB	68(Alto)	9.0 (Alto)
5	DK-3000	DEKALB	73(Alto)	11.0 (Alto)
6	GARAÑÓN	(ASGROW S.A. DE C.V),	9 (Bajo)	0.5 (Bajo)
7	GORILA	(ASGROW S.A. DE C.V),	11 (Bajo)	0.5(Bajo)
8	SULTAN	ASPROS COMERCIAL S.A. DE C.V	37 (Medio)	2.0 (Bajo)
9	MAXIMO	ASPROS COMERCIAL S.A. DE C.V	25 (Medio)	11.5 (Medio)
10	XR47,	CERES S.A. DE C.V.	20 (Medio)	0.8 (Bajo)
11	XR56,	CERES S.A. DE C.V.	35 (Medio)	11 (Medio)
12	XR66	CERES S.A. DE C.V.	32 (Medio)	1.2(Bajo)
13	SYN2023	SYNGENTA S.A. DE C.V	73 (Alto)	5.0 (alto)

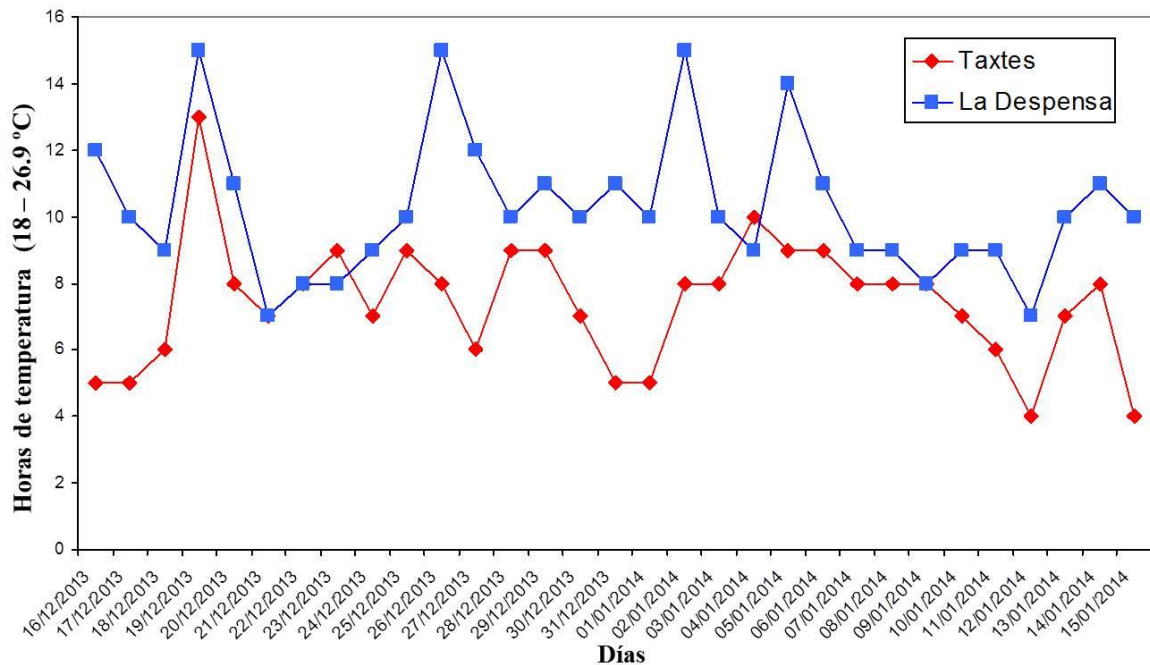
14	NMI078	SYNGENTA S.A. DE C.V	27 (Medio)	1.6 (bajo)
16	DAS 2308,	DOW SEMILLAS	26 (Medio)	1.2 (Bajo)
17	DAS 2310	DOW SEMILLAS	5 (Bajo)	0.3 (Bajo)
18	N1R01	NOVASEM S.A. DE C.V	70 (Alto)	7.0 (Alto)
19	NUEVO	NOVASEM S.A. DE C.V	21 (Medio)	0.9 (Bajo)

**5.4. La incidencia y severidad del tizó foliar causado por *E. turcicum* y su relación con los períodos de humedad relativa  $\geq 90\%$  y la temperatura.**

El diferencial en períodos con humedad relativa  $\geq 90\%$  en dos áreas productoras de maíz en el norte de Sinaloa se muestra en la figura (Figura 12). En dicha figura indica que los períodos con humedad relativa  $\geq 90\%$  fueron más prolongados en el área de La Despensa, Municipio de Ahome, en contraste con el sector de Taxtes Municipio de El Fuerte, donde dichos períodos fueron menos prolongados; es evidente que la mayor incidencia y severidad del tizón foliar del maíz estuvieron relacionados con altos niveles de humedad relativa en los sectores cercanos a la costa, donde se registraron algunos días con 20 horas de humedad relativa  $\geq 90\%$ . De igual forma, los períodos diarios (horas) con temperaturas de 18 a 26.9 °C (Figura 13), que favorecen el desarrollo y dispersión del tizón foliar del maíz, fueron más prolongados en el área de La Despensa que en el sector Taxtes. Sin duda, estas condiciones de humedad y temperatura y la presencia de inóculo del hongo causante de la enfermedad, aunado a la susceptibilidad de algunos materiales de maíz particularmente el híbrido P3254W influyó para la presencia de la enfermedad en los niveles ya referidos en el ciclo agrícola 2013-2014.



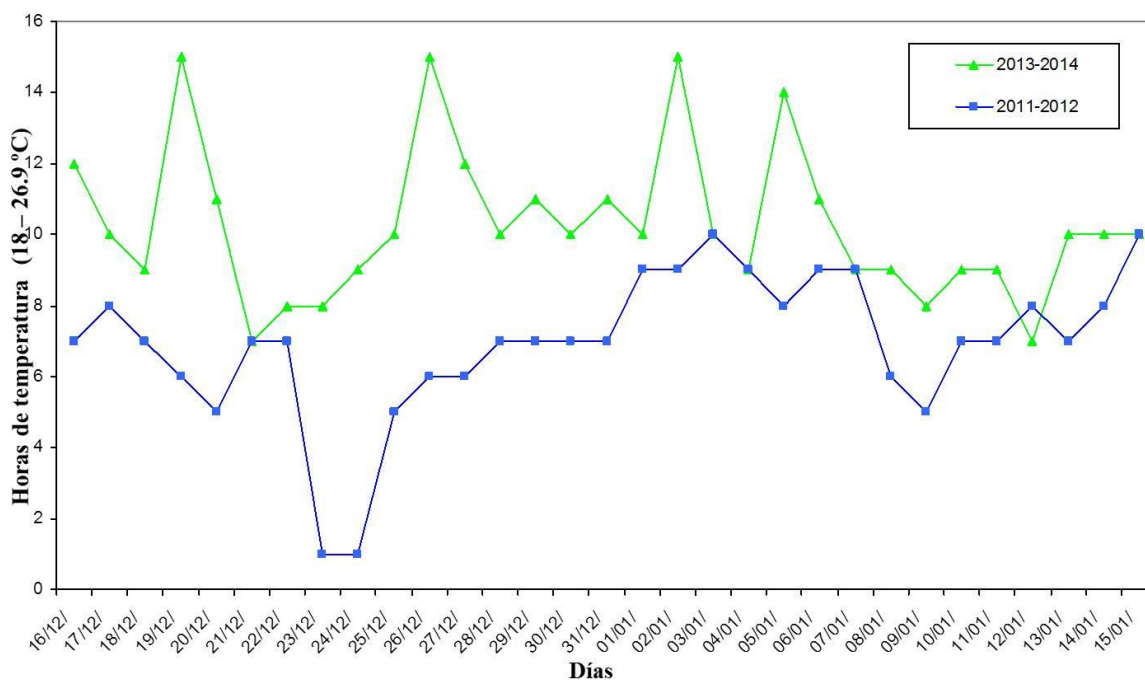
**Figura 12.** Períodos diarios (horas) con humedad relativa  $\geq 90\%$  en las áreas de La Despensa y Taxtes en la etapa de mayor incidencia del tizón foliar del maíz



**Figura 13.** Períodos diarios (horas) con temperatura de 18 a 26°C en las áreas de La Despensa y Taxtes en la etapa de mayor incidencia del tizón foliar del maíz.



En la figura 14 se muestra un comparativo de los periodos diarios de la temperaturas de 18 a 26°C en el área la Despensa, Ahome. Es evidente que los periodos de temperatura favorables para el desarrollo y dispersión para el tizón foliar del maíz fueron más prolongados en el ciclo agrícola 2013-2014, donde el área foliar afectada por dicha enfermedad alcanzó hasta 13% susceptible, lo que contrastó con el ciclo 2011-2012 en el que los periodos con temperatura favorables para el desarrollo de la enfermedad fueron menos prolongados y no observo incidencia de la enfermedad.



**Figura 14.** Períodos diarios (horas) con temperaturas de 18 a 26°C en el área de La Despensa, Ahome, Sin. en el ciclo agrícola 2013-2014 (▲), en comparación en el mismo parámetro climático en el ciclo 2011-2012 (■), donde no se presentó el tizón foliar del maíz.

## 5.5. Control químico del agente causal del tizón foliar en el norte de Sinaloa

### 5.5.1. Inhibición *in vitro* del crecimiento micelial del hongo asociado al tizón foliar.

En el cuadro 7 se indica el efecto de los fungicidas en la inhibición del desarrollo micelial de *E. turicum*. El hongo mostró sensibilidad a los fungicidas pyraclostrobin, propiconazol, tebuconazol, difenoconazol, epoxyconazol, fluodioxonil, clorotalonil, fluazinam, mancozeb a partir de la dosis baja (100 ppm). Los fungicidas Fluoxastrobin,

trifloxystrobin, azoxistrobin del grupo de las estrobilurinas y carbendazim, mostraron efectividad biológica; a partir de la dosis alta (1,000 ppm).

Trat	Producto/ingrediente activo	Concentración ensayada*	Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial		
			Aislado 1	Aislado 2	Aislado3
1	<b>Vivarus EC:</b> Pyraclostrobin 250 gr de i.a./l	160 ml / 400 L	100	100	100
		1.6 L / 400 L	100	100	100
2	<b>Tilt 250 EC:</b> Propiconazol 250 gr de i.a./l	160 ml / 400 L	100	100	100
		1.6 L / 400 L	100	100	100
3	<b>Odin 43SC:</b> Tebuconazol 430 gr de i.a. /l	160 ml / 400 L	100	100	100
		1.6 L / 400 L	100	100	100
4	<b>Score 250 CE :</b> Difenoconazol 250 gr de i.a. /l	160 ml / 400 L	100	100	100
		1.6 L / 400 L	100	100	100
5	<b>Opos®:</b> Epoxyconazol 122 gr de i.a./l	32 ml / 400 L	100	100	100
		320 ml / 400 L	100	100	100
6	<b>Maxim 5FS:</b> Fluodioxonil 400 gr de i.a./l	98.6 ml / 400 L	100	100	100
		986 ml / 400 L	100	100	100
7	<b>Cloronil:</b> Clorotalonil 720 gr de i.a./l	53.3 ml / 400 L	100	100	100
		533 ml / 400 L	100	100	100
8	<b>Tega 500 SC:</b> Trifloxystrobin 500 gr de i.a. /l	80 ml / 400 L	44	39	44
		800 ml / 400 L	50	56	100
9	<b>Shogun 500 FW :</b> Fluazinam 500 gr de i.a. /l	98.6 ml / 400 L	100	100	100
		986 ml / 400 L	100	100	100
10	<b>Flonex 40:</b> Mancozeb 400 gr de i.a./l	98.6 ml / 400 L	100	100	100
		986 ml / 400 L	100	100	100
11	<b>Amistar®:</b> Azoxistrobin 500 gr de i.a./l	80 gr / 400 L	46	58	100
		800 gr / 400 L	71	100	100
12	<b>Ultra lite 500 F:</b>	80 ml / 400 L	3	11	3

	Carbendazim 500 gr de i.a./l	800 ml / 400 L	46	46	54
	<b>Vigold®:</b>	80 ml / 400 L	45	45	72
13	Fluoxastrobin 480gr de i.a./l	800 ml / 400 L	49	50	100

**Cuadro 7.** Efecto inhibitorio *in vitro* de trece fungicidas en el desarrollo micelial de *E. turcicum*.

### 5.5.2. Efectividad biológica de fungicidas en el control del tizón foliar del maíz causado por *E. turcicum*.

En el cuadro 8 se indica el efecto de tres fungicidas en el control del tizón foliar del maíz causado por el hongo *E. turcicum*. Los fungicidas Odin ® (Tebuconazol), Vivarus EC (Pyraclostrobin) y Amistar® (Azoxistrobin) (cuadro 8) ejercieron un control adecuado contra la enfermedad pues el área foliar dañada en parcelas comerciales varió de 3.8 a 5.3% en las parcelas asperjadas con dichos fungicidas; en contraste, con las parcelas testigo sin aplicación mostraron un área foliar dañada de 15.3 %.

**Cuadro 8.** Efectividad biológica de 3 fungicidas en el control del tizón foliar en un lote comercial de maíz, en Lomas de San Pablo, Ahome, Sinaloa.

No. de tratam.	Tratamiento	Dosis/ha*	Severidad
1	Odin ® (Tebuconazol)	500	5.3
2	Vivarus EC (Pyraclostrobin)	500	4.0
3	Amistar® (Azoxistrobin)	500	3.8
5	Testigo sin aplicación	-.-	15.3

\* Gramos o mililitros de producto formulado por hectárea.

## VI. DISCUSIÓN

Los estudios morfométricos y características de las colonias miceliales de los diez aislados del hongo asociado al tizón foliar del maíz, coinciden con estudios previos que permiten identificar a dicho organismo como *Exserohilum turcicum* en los municipio de Ahome y el Fuerte (Luttrell, 1964; Hooker, 1975; Leonard, 1989).

Estudios previos han reportado al hongo *E. turcicum* causando mayor daño al cultivo de maíz, en regiones en las que predominan períodos prolongados con alta humedad relativa y temperaturas frescas; además, se requiere la presencia de inóculo y sobre todo la presencia de híbridos susceptibles (Robert *et al.*, 1952; Perkins *et al.*, 1987; Rajeshwar *et al.*, 2013). En el presente estudio se registró la incidencia de la enfermedad en la mayoría de los predios de maíz muestreados en el municipio de Ahome y El Fuerte durante enero y febrero del 2014. Los resultados indican que el hongo causó mayor daño al cultivo de maíz en sectores cercanos a la costa y al río Fuerte, donde se presentaron condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de este patógeno; dichos daños se correlacionaron con períodos prolongados de humedad relativa  $\geq 90\%$ , así como temperaturas que variaron de 18 a 26.9°C lo cual favorece el desarrollo y dispersión de la enfermedad, Actualmente, los productores de maíz del municipio de Ahome y el Fuerte cuentan con el registro de áreas o regiones donde hay un mayor riesgo de daño por el hongo.

Se sabe que la mejor alternativa de control de la enfermedad es el uso de híbridos con resistencia genética, ya que los híbridos susceptibles pueden ser severamente afectados y su rendimiento se reduce hasta 91% (Fisher *et al.*, 1976; Rajeshwar *et al.*, 2013). En el presente estudio se encontró que el híbrido P3254W presento el mayor grado de

susceptibilidad a *E. turcicum*, seguido de los híbridos DK-3000, DK2038, SYN2023 y N1R01 tanto a nivel experimental como en lotes comerciales. Por lo anterior se recomienda no utilizar dichos híbridos en predios cercanos a región costera y al río Fuerte pues en estas áreas las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la enfermedad además de que las densidades de inóculo del patógeno se han venido incrementando en los ciclos agrícolas recientes. Adicionalmente, y con base en los resultados del presente estudio se recomienda la siembra de los híbridos P3258W (PIONNER), DK-2030, GARAÑÓN, GORILA (ASGROW S.A. DE C.V), SULTAN, MAXIMO (ASPROS COMERCIAL S.A. DE C.V), XR47, XR56, XR66 (CERES S.A. DE C.V.), NMI078 (SYNGENTA S.A. DE C.V), DAS 2308, DAS 2310 (DOW SEMILLAS) Y NUEVO (NOVASEM S.A. DE C.V), ya que estos presentaron niveles aceptables de resistencia aun en sectores con altas presiones de la enfermedad.

La aplicación de fungicidas traslaminares en un lote de maíz comercial con síntomas iniciales de la enfermedad evidenció la efectividad biológica de dichos productos contra la enfermedad; sobresalen en este caso Amistar® (azoxistrobin) seguido por Vivarus EC (pyraclostrobin) y Odin® (tebuconazol). Es importante mencionar que Amistar (azoxistrobin) ejerció buen control *in vitro* sólo contra uno de los tres aislados de *E. turcicum*; por lo tanto, la efectividad en campo de Amistar contra la enfermedad podría depender de la sensibilidad de la raza fisiológica presente en campo.

## VII . CONCLUSIONES.

1. El hongo *Exserohilum turcicum* se encontró asociado en forma consistente al tizón foliar del maíz en el norte de Sinaloa.
2. La mayor incidencia y severidad del tizón foliar del maíz ocurrió en la zona costera del Municipio de Ahome, así como en lotes establecidos cerca del Río Fuerte.
3. El híbrido P3254W mostro una mayor susceptibilidad en la enfermedad, seguido de los híbridos DK-3000, DK2038, SYN2023 y NI R01, mientras que los híbridos P3258W (PIONNER), DK-2030, GARAÑÓN, GORILA (ASGROW S.A. DE C.V), SULTAN, MAXIMO (ASPROS COMERCIAL S.A. DE C.V), XR47, XR56, XR66 (CERES S.A. DE C.V.), NMI078 (SYNGENTA S.A. DE C.V), DAS 2308, DAS 2310 (DOW SEMILLAS) Y NUEVO (NOVASEM S.A. DE C.V) mostraron altos niveles de resistencia en campo.
4. Los fungicidas pyraclostrobin, propiconazol, tebuconazol, difenoconazol, epoxyconazol, fluodioxonil, clorotalonil, fluazinam, mancozeb inhibieron el desarrollo micelial *in vitro* de *E. Turcicum* a partir de la dosis baja (100 ppm); mientras que los fungicidas fluoxastrobin, trifloxystrobin, azoxistrobin del grupo de las estrobilurinas y carbendazim, mostraron efectividad biológica; a partir de la dosis alta (1,000 ppm).
5. Los fungicidas Odin (tebuconazol), Vivarus EC (pyraclostrobin) y Amistar® (azoxistrobin) ejercieron un excelente control del tizón foliar en lotes comerciales de maíz en Lomas de San Pablo, Ahome, Sin.

### VIII. LITERATURA CITADA.

- Asare, A. (1964) Germination of *Helminthosporium turcicum* conidia overwintered in Minnesota soil. *Phytopathology* 54: 886.
- Begum H., R.B. Raj, E. Satyanarayana,(1993) Field evaluation of five fungicides to control turcicum leaf blight in maize, *Indian Journal of Plant Protection*, 21: 110-111.
- Boosalis, M.G., Sumner, D.R., Rao, A.S. (1967). Overwintering of *Helminthosporium turcicum* on corn residue and in soil in Nebraska. *Phytopathology*. 57:990-996.
- CYMMYT(2014). Turcicum leaf blight (extended information). Internal report of CYMMYT maize program. Mexico, D.F.
- Fisher, D.E., Hooker, A.L., Lim S.M., Smith, D.R. (1976) Leaf infection and yield loss caused by four *Helminthosporium turcicum* leaf disease of corn. *Phytopathology*. 66: 942-944.
- Gevers HO (1975). A new major gene for resistance to *Helminthosporium turcicum* leaf blight of maize. *Plant Dis Rep* 59:296-300
- Hooker A.L. (1961). A new type of resistance in corn to *Helminthosporium turcicum* in seedling corn. *Plant Dis Rep* 45:780-781
- Hooker A.L. (1963a). Inheritance of chlorotic-lesion resistance to *Helminthosporium turcicum* in seedling corn. *Phytopathology* 53:660-662
- Hooker A.L. (1963b). Monogenic resistance of *Zea mays* L. to *Helminthosporium turcicum*. *Crop Sci* 3:381-383

- Hooker A.L., Nelson R.R. and Hilu H.M. (1965). Avirulence of *Helminthosporium turcicum* on monogenic resistant corn. *Phytopathology* 55:462-463
- Hooker A.L.(1975). *Helminthosporium turcicum* as a pathogen of corn. *Reporter Tottori Mycology Institute* 12:115-125
- Hooker AL (1977) A second major gene locus in corn for chlorotic-lesion resistance to *Helminthosporium turcicum*. *Crop Sci* 17:132-135
- Hooker, A.L. (1978). Additional sources of monogenic resistance in corn to *Helminthosporium turcicum*. *Crop Sci* 17:132-135
- Hooker AL (1981) Resistance to *Helminthosporium turcicum* from *Tripsacum floridanum* incorporated into corn. *Maize Genet Cooperation Newslett* 55:87-88
- Leonard, K.J., Levy, Y., Smith D.R.(1989). Proposed nomenclature for pathogenic races of *Exserohilum turcicum* on corn. *Plant Dis.* 73: 776-777.
- Levy, Y. (1984). Overwintering of *Helminthosporium turcicum* in Israel. *Phytoparasitica*, 12: 177-182.
- Levy Y, and Pataky J.K.(1992). Epidemiology of Northern leaf blight on sweet corn. *Phytoparasitica*. Vol 20. Issue 1, pp 54-66.
- Luttrell E.S., (1964). Morphology of *Trichometasphaeria turcica*. *American journal of botany*. 51: 213-219
- Rajeshwar T.,Narayan P.,Ranga R., Sokka S. (2013). Management of Turcicum leaf blight of maize caused by *Exserohilum turcicum* in maize. *International journal of scientific and Research Publications*, Vol. 3, ISSN 2250-3153.
- Raymundo A.D. and Hooker A.L. (1981) Measuring the relationship between northern corn leaf blight and yield losses. *Plant Dis* 65:325-327.
- Robert, A. L., and Findley, W.R.(1952). Diseased corn leaves as a source of infection and natural epidemics of *Helminthosporium turcicum*. *Plant Dis. Rep.* 36:9-10.
- Robert, A.L. (1964). The effect of temperature and relative humidity on longevity of *Trichometasphaeria turcica*. *Plant Dis. Rep.* 36: 9- 10
- Robbins WA and Warren HL (1993) Inheritance resistance to *Exserohilum turcicum* in PI 209135, “Mayorbela” variety of mayze. *Maydica* 38:209-213.
- Perkins, J. M., and Pedersen, W.L.(1987). Disease development and yield losses associated with northern leaf blight on corn. *Plant Dis.* 71:940-943.



