



Revista Fitotecnia Mexicana

ISSN: 0187-7380

revfitotecniamex@gmail.com

Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

México

Bernal Muñoz, Roberto; Rodríguez Vallejo, José; Estrada Gómez, Julio Arturo; Hernández Livera, Adrián; Gatica Vásquez, Mecinda

Micoflora asociada a la semilla de amaranto (*Amarantus hypochondriacus* L.)

Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 23, núm. 1, enero-junio, 2000, pp. 109-118

Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61023111>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

MICOFLORA ASOCIADA A LA SEMILLA DE AMARANTO (*Amarantus hypochondriacus* L.)

SEED-BORNE FUNGI ASSOCIATED TO AMARANTH SEED  
(*Amarantus hypochondriacus* L.)

Roberto Bernal Muñoz<sup>1</sup>, José Rodríguez Vallejo<sup>2</sup>, Julio Arturo Estrada Gómez<sup>3</sup>, Adrián Hernández Livera<sup>3</sup> y Mecinda Gatica Vásquez<sup>2</sup>

RESUMEN

El estudio fue realizado con el propósito de identificar la micoflora asociada con la semilla de amaranto (*Amarantus hypochondriacus* L.) y determinar si *Macrophoma* sp. es transmitido por esta vía ya que en regiones productoras de amaranto se presenta en forma de epifitía y de manera enfitica y existe la evidencia de que el patógeno es transmitido por semilla. En semilla de amaranto proveniente de siembras comerciales cosechadas en 1995, en Tlaxcala, México, se evaluó la incidencia de los patógenos por el método del papel secante y congelamiento y, además, mediante el método del lavado se determinó la presencia de un carbón que ataca al ovario de la flor de esta especie, se identificó y cuantificó la densidad de inóculo por kilogramo de semilla. Los hongos de campo que se encontraron fueron: *Alternaria* spp., *Fusarium lateritium*, *Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Chaetophoma* sp. y *Peyronellaea* sp. y como hongos de almacén *Aspergillus* spp. y *Penicillium* sp.; además, por primera vez se identificó en México a *Thecaphora amaranthi* (Hirschhorn) K. Vánky atacando las plantas de amaranto y transportado por la semilla, y en ésta no se encontró a *Macrophoma* sp.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

*Amarantus hypochondriacus* L., calidad de semilla, hongos de campo, hongos de almacén, *Thecaphora*

SUMMARY

This study was conducted in order to characterize the seed-borne fungi associated to amaranth seed (*Amarantus hypochondriacus* L.) and determine if *Macrophoma* sp. is transmitted through this way since in the amaranth production areas in México, *Macrophoma* sp. has a epiphytic and endemic distribution. There is also evidence that the pathogen is transmitted by seed. To evaluate pathogen incidences by the freezing-blotter test, amaranth seed of commercial production lots harvested in 1995 at Tlaxcala, México were used. The washing method was used to determine the presence of a smut that attacks the ovaries of the amaranth flowers. The pathogen was identified and quantified the inoculum density by kilogram of seed. The field fungi found were *Alternaria* spp., *Fusarium lateritium*, *Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Chaetophoma* sp. and *Peyronellaea* sp. and the storage fungi *Aspergillus* spp. and *Penicillium* sp. It is reported by the first time in México, the presence of *Thecaphora amaranthi* (Hirschhorn) K. Vánky growing in the amaranth seed and carried by this way; *Macrophoma* sp. was not found infecting seed amaranth.

ADDITIONAL INDEX WORDS

*Amarantus hypochondriacus* L., seed quality, field fungi, storage fungi, *Thecaphora*.

INTRODUCCIÓN

La calidad de la semilla es muy importante para lograr altos niveles de productividad, por lo que los cultivos deben manejarse apropiadamente durante todas sus etapas de producción, principalmente en las que los factores ambientales, enfermedades, insectos, métodos de cose-

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Agropecuario No. 29 San Diego Xocoyacán. 90712 Tlaxcala, Tlax. Tel. y Fax: 01(248) 4-2819.

<sup>2</sup> Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Edo. de México. Tel. y Fax: 01(595) 2-0265

<sup>3</sup> Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Especialidad en Producción de Semillas. Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Edo. de México. Tel. y Fax: 01(595) 2-0262.

cha y condiciones de almacenamiento afecten severamente tales atributos.

En México existe poca información sobre la producción de semilla de amaranto (*Amarantus hypochondriacus* L.); los agricultores la obtienen de la cosecha comercial de grano, siendo común que existan problemas de germinación (Espitia, 1990a), lo que puede deberse a la presencia de hongos.

Las semillas constituyen un mecanismo muy importante de dispersión de los patógenos. Todas pueden albergar una amplia variedad de éstos, pudiendo encontrarse en el interior o en la superficie como contaminantes y trasladarse de esta manera entre diferentes zonas geográficas y son por lo tanto, importantes en las cuarentenas de plantas (Warham *et al.*, s.f.).

La micoflora en semillas se ha dividido en dos grandes grupos: hongos de campo y hongos de almacén (Moreno, 1983, 1988).

Los hongos de campo invaden las semillas cuando éstas se están desarrollando en las plantas o después que han madurado, pero antes que sean cosechadas (Moreno, 1983, 1988). Estos hongos pueden decolorar y causar un pobre llenado de las semillas, provocar la muerte de los óvulos, debilitar o producir la muerte de los embriones y generar compuestos tóxicos al hombre y animales (Christensen y Kaufmann, 1965). Algunos causan enfermedades a las plántulas y plantas adultas y son transmitidos de un ciclo a otro mediante las semillas (Moreno, 1983; 1988) y se encuentran localizados normalmente bajo la testa (Meronuck, 1983). Neergaard (1974) por su parte, indica que los hongos transportados por la semilla que causan pobre emergencia de plántulas en campo, incluyen entre otros, los géneros *Fusarium*, *Drechslera*, *Rhizoctonia*, *Phoma*, *Alternaria*, *Stemphylium*, *Ascochyta* y *Colletotrichum*.

Los hongos de almacén que comprenden a algunas especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, tienen exigencias ecológicas diferentes a los hongos de campo, encontrándose asociados a restos de plantas, suelo y otros lugares donde la humedad es relativamente baja (Toman y White, 1994); éstos pueden disminuir el porcentaje de germinación, decolorar o causar daño en los embriones, producir cambios bioquímicos y toxinas, y provocan calentamiento, que es usualmente acompañado de una reducción drástica de la calidad de las semillas (Christensen y Kaufmann, 1965; Moreno, 1983),

La información disponible sobre las plagas y enfermedades que limitan el rendimiento de semilla del amaranto es muy escasa en México y en el mundo (Espitia, 1990b); sin embargo, existen algunos informes de varias de ellas.

Hirschhorn (1945) identificó una nueva especie: *Glomosporium amaranthi*, carbón que ataca a *Amaranthus* sp. Zundel (1953), por su parte, indica que la única especie que ataca a *Amaranthus* sp. es *Glomosporium amaranthi* Hirschhorn. Fischer y Holton (1957) citan a los siguientes carbones que atacan a la familia Amaranthaceae: *Glomosporium amaranthi* Hirschhorn, *Thecaphora haumani* Spegazzini, *Thecaphora iresine* (Elliot) Jackson y *Thecaphora thornberi* Griffiths. Durán (1970) no cita a algún carbón que ataque a la familia Amaranthaceae. Por su parte, Vánky (1994) reclasifica a *Glomosporium amaranthi* Hirsch. transfiriéndolo al género *Thecaphora* por lo que la nueva combinación propuesta es *Thecaphora amaranthi* (Hirschhorn) K. Vánky. Sánchez (1990) identificó las enfermedades de amaranto en algunas de las principales zonas productoras en México sin hacer mención del ataque del carbón a las plantas de amaranto.

Por otra parte, *Macrophoma* sp. ha mostrado incidencias del 30 al 100 % en forma de epifitía en las áreas donde se siembra el cultivo y es un



problema potencial de gran magnitud (Sánchez, 1990), debido a que existe evidencia de que es transmitida por semilla (Neergaard, 1977; Dickinson y Lucas, 1982).

En el estado de Tlaxcala se ha observado *Macrophoma* sp. en forma enftica (endémica) en siembras comerciales, por lo que existe la posibilidad de que el inóculo primario provenga de las semillas infectadas por el patógeno. Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo identificar la micoflora asociada a la semilla de amaranto y determinar si el agente causal de la mancha negra del tallo (*Macrophoma* sp.) es transmitido por semilla, bajo la hipótesis que la semilla de amaranto es una fuente de dispersión de patógenos importantes que atacan al cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Método de papel secante y congelamiento

En San Miguel del Milagro, Nativitas, Tlaxcala, México (19° 17' L N, 98° 20' L O y 2 250 m de altitud), una de las principales zonas productoras de amaranto en México (Espitia, 1990a), durante el ciclo primavera-verano de 1995 se colectó ocho muestras de 250 g de semilla con productores que habían sembrado de manera ininterrumpida cuando menos durante cinco años. El lugar presenta una temperatura y precipitación media anual de 16 °C y 800 mm, respectivamente.

Se eliminó las impurezas de las semillas mediante un tamiz No. 18 (1.0 mm de diámetro) y se llevaron al laboratorio de fitopatología perteneciente al Colegio de Postgraduados ubicado en Montecillo, Estado de México, México. Durante su manejo, se mantuvieron bajo condiciones ambientales con un promedio de humedad del 10.5 %.

Para la identificación de los patógenos, mediante la técnica de papel secante y congelamiento, se utilizaron los principios de la metodología propuesta por Neergard (1977), pero haciendo las adecuaciones siguientes: se pesaron 2 g de semilla y se sumergió en 50 mL de solución de NaClO con 2 % de cloro activo agitando y dejando en reposo en forma alterna por un minuto, durante cuatro ocasiones; El NaClO se retiró por decantación colocándolas las semillas en toallas de papel secante ("sanitas") en un área aséptica junto a un mechero. En cajas de Petri de 15 x 100 mm, se colocaron dos hojas dobles de papel secante y se les agregó agua destilada estéril hasta el punto de saturación. En cada caja se puso 10 semillas en forma equidistante y se introdujeron a una incubadora Riossa (modelo EC-71) en obscuridad a 28 °C durante 12 h para promover la germinación, transfiriéndose después a un refrigerador a -6 °C por 24 h para matar al embrión. Posteriormente, las cajas se mantuvieron a temperatura ambiente bajo ciclos alternos de 12 h de luz y de obscuridad; la luz se proporcionó con lámparas fluorescentes (OSRAM, L-20W) colocadas a 60 cm sobre las cajas de Petri.

A partir del décimo segundo día de iniciada la prueba, se procedió a identificar los patógenos usando como apoyo las obras de diferentes investigadores (Warham *et al.*, s.f.; Booth, 1971; Zillinsky, 1984; Barnett y Hunter, 1987; Moreno, 1988; Romero, 1993). En algunos casos se aisló una muestra en medio de cultivo papadextrosa-agar acidificado (PDAA), para que la colonia desarrollara y de ésta manera poder identificar al microorganismo. Se analizó 50 semillas por muestra dando un total de 400 semillas analizadas. El tamaño de muestra, pretratamiento, número de semillas por muestra y medios y técnica de incubación fueron realizados tomando algunas consideraciones dadas por la International Seed Testing Association (Jorgensen, 1981) para otros cultivos y efectuando las adecuaciones pertinentes para la semilla del

amaranto. La incidencia de los patógenos se reportó en porcentaje.

### Método del lavado

La presencia o ausencia de glomérulos de carbón del amaranto se determinó de la manera siguiente: 20 g de semilla se colocaron en un matraz de 250 mL y se adicionaron 60 mL de agua destilada y dos gotas de agente dispersante (Tween 20), y se sometió a agitación por 30 min en un agitador a Multi-Wrist Shaker (Lab-Line Instruments, Inc. Melrose Park II); transcurrido ese tiempo, el lavado se filtró usando papel Watman No. 4 que se colocó dentro de un embudo, uniéndose éste a un matraz quitasato por medio de un tapón de hule y, en conjunto, se conectó a una bomba de vacío. El filtrado se colocó en una caja de Petri y se determinó la existencia de glomérulos con ayuda del microscopio compuesto (10X), en tres repeticiones por muestra. El reporte de los resultados se dió como presencia o ausencia de glomérulos.

### Identificación del carbón del amaranto

En San Miguel del Milagro, Tlaxcala, México, se colectó inflorescencias de amaranto con presencia de carbón. A partir de éstas, se rompieron los soros para la liberación de los glomérulos, midiendo en 500 de éstas su longitud y diámetro con apoyo del microscopio compuesto (10X). posteriormente, en los glomérulos se hicieron cortes de 25  $\mu$  de espesor con un micrótopo de congelación y se procedió a medir 50 teliosporas con ayuda de un microscopio compuesto (45X). Con los datos obtenidos se determinó los estadísticos valor mínimo, valor máximo, media aritmética y coeficiente de variación.

Se extrajo cuatro soros de las inflorescencias atacadas con carbón y, bajo una campana de flujo laminar, se colocaron dentro de un tubo de

ensayo estéril, de 15 x 150 mm, al cual se agregó 10 mL de agua destilada estéril y se agitaron por medio de un vortex Maxi-Mix 1 (Thermolyne Type 16700) por 30 s; se decantó el agua y los soros se transfirieron a otro tubo de ensayo al que se le agregó 10 mL de agua destilada estéril. Se rompieron los soros con una aguja de disección y se agitó con el vortex por 30 s para la liberación de los glomérulos. Con una pipeta de 2 mL con graduación de 0.1 mL, se tomó una muestra de la suspensión de agua destilada y glomérulos y se agregaron cuatro gotas sobre el medio de cultivo PDAA contenido en cajas de Petri, dispersando los glomérulos con un triángulo de vidrio, y se colocaron en incubación a temperatura ambiente. El carbón se identificó considerando el tamaño de los glomérulos y teliosporas y por la germinación de los glomérulos, usando los reportes de Hirschhorn (1945, 1986) y Vánky (1994).

### Cuantificación de glomérulos transportados con la semilla

La cantidad de glomérulos de carbón por kilogramo de semilla se determinó siguiendo la técnica del lavado, con la diferencia de que el lavado se filtró con un portafiltros analítico de vidrio, 47 mm XX10 047 00 (Millipore Co., Estados Unidos) usando una membrana para filtración tipo HA, blanca cuadriculada, con diámetro de 47 mm HAWG 047 S3 (Millipore Co., Estados Unidos). Terminado el proceso, se retiró el filtro y se colocó en el fondo de una caja de Petri, procediendo a contar los glomérulos con ayuda de un microscopio estereoscópico. Los glomérulos se cuantificaron en cinco cuadros (3 x 3 mm) de la membrana HA y se obtuvo un promedio. A partir de estos datos, se estimó el número en los 20 g de semilla, considerando una superficie de filtración de la membrana de 9.62 cm<sup>2</sup>.



Cuadro 1. Porcentaje de incidencia de micoflora en semilla de amaranto evaluada por el método de papel secante y congelamiento.

Microorganismo	Muestra								$\bar{X}^\dagger$
	1	2	3	4	5	6	7	8	
hongos de campo									
<i>Alternaria spp.</i>	0	4	4	8	8	0	6	4	4.25
<i>Chaetophoma sp.</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0.25
<i>Fusarium lateritium</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0.25
<i>Fusarium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0.25
<i>Peyronellaea sp.</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0.25
<i>Phoma sp.</i>	0	0	2	0	0	0	0	2	0.50
Hongos de almacén									
<i>Aspergillus spp.</i>	2	0	2	0	4	0	0	0	1.00
<i>Penicillium sp.</i>	0	0	0	0	0	2	0	2	0.50

<sup>†</sup>: Porcentaje promedio obtenido del análisis en 400 semillas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Prueba de papel secante y congelamiento

La micoflora identificada (Cuadro 1) se dividió en dos grupos: hongos de campo y hongos de almacén.

El género más común fue *Alternaria* con una incidencia promedio de 4.25 %. Este hongo es uno de los más frecuentes en cereales (Moreno, 1983; 1988). Por ejemplo, en semilla de trigo obtenida de diversas partes de América y Europa se encontró en casi 100 % (Christensen y Kaufmann, 1965). Algunas especies de éste género, causan pudrición de las semillas y además reducen la emergencia de plántulas en campo (Sivapalan, 1993; Ji-Kwan y Wen-Shi, 1995). Sin embargo, y a pesar de tener una amplia distribución, el género *Alternaria* es considerado como un patógeno débil que puede ser controlado fácilmente mediante el tratamiento químico de la semilla.

*Fusarium* es otro género de hongos muy común en semillas, el cual puede afectar directa-

mente la viabilidad de éstas al matar los embriones (Moreno, 1983). En cereales, la invasión por *Fusarium* a embriones en desarrollo o maduros, puede provocarles una decoloración durante el almacenamiento (Christensen y Kaufmann, 1965).

*Fusarium* se encontró en 0.5 % de las semillas examinadas, con las especies *Fusarium lateritium* y *Fusarium sp* (Cuadro 1). La mayoría de las especies de este género son hongos que habitan en el suelo y muchos de ellos pueden ser saprófitos facultativos agresivos; persisten en desechos vegetales en el suelo o en semilla no tratada (Zillinsky, 1984). En México, *F. lateritium* Ness:Fr. ha sido encontrado sobre las brácteas de maíz sin causar daños considerables (Romero, 1993), por lo que su presencia en la semilla de amaranto indica que la planta de este cultivo puede ser un hospedante alterno cuando se realiza rotación de cultivos; no obstante, en el amaranto, no se reportan enfermedades causadas por *Fusarium*. A pesar de esto, es de vital importancia considerar los daños que provocan las especies de este género sobre la viabilidad de la misma, por lo que es

recomendable en investigaciones posteriores, buscar otras formas de tratamiento de la semilla de tal manera que se mantenga la calidad de la semilla manejando de manera adecuada el componente sanitario.

Las especies del género *Phoma* usualmente inciden como patógenos en muchas plantas, tanto herbáceas como leñosas, observándose como invasores secundarios en hojas y brácteas florales de los cereales durante la etapa de maduración (Zillinsky, 1984). Diversas especies de éste género se han encontrado en semillas de arroz (*Oryza sativa*) (Jeyanandarajah y Seneviratne, 1991) y brócoli (*Brassica oleraceae* var.) (Sivapalan, 1993), observando que *Phoma* sp. es capaz de disminuir la tasa de germinación de *Gomphrena globosa* L. (Ji-Kwan y Wen-Shi, 1995). En el presente estudio, se encontró una incidencia de 0.5 % (Cuadro 1) y Sánchez (1990) identifica en amaranto a *Phoma macrostoma* var. *incolorata* provocando la mancha ojival del tallo. A pesar de que en este caso no se identificó la especie, se observa el potencial que tienen la semilla como fuente de inóculo primario.

Los géneros con menor incidencia (Cuadro 1) fueron *Peyronellaea* y *Chaetophoma* (0.25 %). El primero se comporta como saprófito o parásito y el segundo es saprófito de restos de plantas (Barnett y Hunter, 1987). Bajo estas consideraciones y dado que estos patógenos no se encuentran reportados como enfermedades del amaranto, es importante que las semillas para siembra sean mantenidas en perfectas condiciones de limpieza y con bajos contenidos de impurezas como una medida precautoria para el mantenimiento de la óptima calidad fisiológica de la semilla.

Bartolini y Hampton (1989) identificaron en semillas de *Amaranthus cruentus* L. a los hongos de campo *Alternaria alternata* y *Phoma* sp., y dentro de los hongos de almacén a *As-*

*pergillus* y *Penicillium* spp. Estos resultados concuerdan parcialmente con los obtenidos en la presente investigación, ya que en este caso, además se encontraron los géneros *Fusarium*, *Peyronellaea* y *Chaetophoma*.

A pesar de que *Macrophoma* sp. pertenece al grupo de hongos imperfectos, los cuales pueden desarrollarse e identificar por medio de la prueba de papel secante y congelamiento (Neergaard, 1977; Agarwal y Sinclair 1987), en el presente trabajo no hubo evidencias de que fuera transmitido por la semilla de amaranto. Considerando los resultados anteriores y los reportes de que *Macrophoma* puede persistir en los residuos de las cosechas como micelio y picnidios (Nyvall, 1989), permite deducir que la fuente principal del inóculo primario son los residuos de las cosechas por lo que una práctica cultural para reducir la fuente de inóculo y como consecuencia bajar la incidencia, es la eliminación de los residuos adicionalmente a la rotación de los cultivos.

Estudios posteriores relacionados con la patología de semillas en amaranto, podrían estar encaminados a la identificación y aislamiento de los microorganismos con el propósito de llevar a cabo pruebas de patogenicidad para evaluar los riesgos de transmisión de las enfermedades por esta vía.

No obstante que la incidencia de los patógenos de campo (Cuadro 1) parece ser muy baja, ésta es importante al considerar el número de semillas sembradas por unidad de superficie para cuantificar la densidad de inóculo en una siembra comercial; como ejemplo y con base en lo propuesto por Neergaard (1977), para (*Phoma* sp.) con una incidencia de 0.50 %, una densidad de siembra de 5 kg ha<sup>-1</sup> y con 1 307 semillas g<sup>-1</sup>, se obtendrían 32 675 lugares inoculados por hectárea, que darían lugar a igual número de focos de infección en campo.



### Prueba del lavado

Todas las muestras analizadas resultaron con presencia de glomérulos, lo que indica que el carbón del amaranto se encuentra en la semilla como contaminante y además está bien diseminado en la región de San Miguel del Milagro, Tlaxcala, México, lo cual complementa la información de Sánchez (1990) quien identificó las enfermedades del amaranto en algunas de las principales zonas productoras en México sin hacer mención del ataque del carbón a éste cultivo, siendo esta la primera ocasión.

### Identificación del carbón del amaranto

Los resultados de esta investigación (Cuadro 2) indican que los glomérulos del carbón son globosos, lo cual coincide con los informes de Hirschhorn (1945, 1986) quien cita que éstos miden de 60-89  $\mu$  de diámetro o irregularmente alargados, 65-93 x 70-143  $\mu$ . En cuanto a la forma del ataque, conformación de soros y características de los glomérulos, también hubo concordancia con lo descrito por Hirschhorn (1945, 1986), éste hongo en general, ataca a las inflorescencias y se desarrolla a expensas del ovario, formando soros color canela oscuro, globosos muy suavemente compactos y granulados, recubiertos por una frágil membrana que es la epidermis del ovario. Los glomérulos son de color dorado oscuros o ligeramente anaranjados, con episporio revestido de verrugosidades densas y prominentes. Según Hirschhorn (1986) las clamidosporas (teliosporas) son de

color canela a ligeramente amarillentas, poligonales, de 9-17  $\mu$  de diámetro o de 12 x 20  $\mu$ ; al respecto, las observaciones realizadas en los cortes de los glomérulos, concuerdan con esa descripción.

La germinación de los glomérulos en PDA inició aproximadamente a las 36 h después de iniciada la prueba, apareciendo primero un tubo hialino que se ramificó y formó ramas miceliales, además, muy rara vez se logró observar las esporidias; estos resultados coinciden con lo informado por Hirschhorn (1986).

Hirschhorn (1986) encontró variación morfológica de glomérulos y clamidosporas entre los ejemplares colectados y sus hospedantes. La variación en tamaño obtenida de los ejemplares colectados en San Miguel del Milagro, Tlax., bien podría atribuirse al tipo de hospedero ya que los ejemplares tipo del trabajo de Hirschhorn fueron colectados de *Amaranthus hybridus* y en este trabajo provinieron de *A. hypochondriacus*, una especie cultivada para grano.

En las plantas colectadas se encontró al carbón atacando a inflorescencias completas, principalmente en plantas con pobre desarrollo; por otra parte, cuando una planta plenamente desarrollada se encontraba atacada por *G. amaranthi*, algunas semillas de la inflorescencia se observaron bien desarrolladas y aparentemente sanas; incluso, dentro de una misma ramificación de la inflorescencia hubo semillas

Cuadro 2. Tamaño de glomérulos y teliosporas del carbón en amaranto.

	Glomérulos ( $\mu$ )		Teliosporas ( $\mu$ )	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo
Mínimo	47.37	52.63	5.83	7.00
Máximo	84.21	105.26	11.67	14.00
Promedio	61.56	71.85	8.80	11.69
C.V. (%)	10.58	11.48	14.91	13.22



Cuadro 3. Densidad de inóculo de *Thecaphora amaranthi* Hirsch. en semilla de amaranto

Muestra	Repeticiones	Número de glomérulos por kilogramo de semilla
1	1	23 302
2	2	7 055
3	2	5 238
4	2	641

atacadas y semillas sanas. Lo anterior debe ser considerado para estudiar la posibilidad de la transmisión de *G. amaranthi* vía infección de la semilla como ocurre con otros carbones como *Neovossia indica* en trigo. Según Hirschhorn (1986), *G. amaranthi* se encuentra distribuido en Argentina y en Ecuador; con la identificación de *G. amaranthi* en México, se amplía la distribución del patógeno en América Latina, no excluyendo la posibilidad de encontrarlo también más al norte de México y los Estados Unidos de Norteamérica, por la distribución que tiene el género *Amaranthus* en esas zonas. Sin embargo, Vánky (1994) reclasifica a *Glomsporium amaranthi* Hirsch. transfiriéndolo al género *Thecaphora* por lo que la nueva combinación propuesta es *Thecaphora amaranthi* (Hirschhorn) K. Vánky.

La cuantificación del número de glomérulos (Cuadro 3), mostró diferencias apreciables de inóculo entre muestras. Lo anterior da un indicio de los probables problemas fitopatológicos que pudiera provocar *T. amaranthi* en esta zona productora de amaranto por el incremento en la cantidad de inóculo tanto en la semilla como en los terrenos dedicados al cultivo. Ésta es una consideración del por que las siembras de amaranto como monocultivo en la zona de San Miguel del Milagro, Tlax., se restringe a no más

de tres ciclos consecutivos en el mismo lote de producción y los productores realizan la rotación de cultivos por el problema del "cuitlacoche", nombre que se le da al carbón del amaranto por similitud al daño provocado por *Ustilago maydis* en maíz. De esta manera, la rotación de cultivos puede ser una práctica cultural importante para disminuir la cantidad de inóculo presente en las tierras de cultivo; sin embargo, habrá que realizar estudios *had hoc* para poder corroborarlo.

### CONCLUSIONES

Los hongos de campo que se encontraron en la semilla de amaranto fueron *Alternaria* spp., *Fusarium lateritium*, *Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Chaetophoma* sp. y *Peyronellaea* sp.

Los hongos de almacén identificados en la semilla de amaranto fueron *Aspergillus* spp. y *Penicillium* sp.

Se identificó, por primera vez en México, a *Thecaphora amaranthi* (Hirschhorn) K. Vánky, atacando a las plantas de amaranto y como contaminante sobre su semilla.

No se encontró a *Macrophoma* sp. en la semilla de amaranto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, V. K., and J. B. Sinclair. 1987. Principles of Seed Pathology. Volume II. C.R.C. Press, Inc. Boca Ratón, Florida. 168 p.
- Barnett, H. L., and B. B. Hunter. 1987. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 4<sup>th</sup> Edition. MacMillan Publishing Company, New York. 218 p.
- Bartolini, J. S., and J. G. Hampton. 1989. Grain amaranth seed development, yield and quality. Proceedings Annual Conference Agronomy Society of New Zealand. 19: 55-61.
- Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England. 237 p.
- Christensen, C. M. and H. H. Kaufmann. 1965. Deterioration of stored grains by fungi. Ann. Rev. Phytop. 3:69-84.
- Dickinson, C. H., and J. A. Lucas. 1982 Plant Pathology and Plant Pathogens. 2nd Edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne. pp: 49-50.
- Durán, R. 1970. Hosts and distribution records of Mexican smut fungi. Mycologia 62: 1094-1105.
- Espitia R., E. 1990a. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México. In: El Amaranto *Amaranthus* spp su Cultivo y Aprovechamiento. Trinidad S.,A., F. Gómez L., y. G. Suárez R. (Comps.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp: 101-109.
- \_\_\_\_\_. 1990b. Plagas y enfermedades del amaranto (*Amaranthus* spp) en México. In: El Amaranto *Amaranthus* spp su Cultivo y Aprovechamiento. Trinidad S.,A., F. Gómez L., y. G. Suárez R. (Comps.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp: 233-238.
- Fischer, G. W., and C. S. Holton. 1957. Biology and Control of the Smut Fungi. The Ronald Press Company. New York. 622 p.
- Hirschhorn, E. 1945. Two new species of the *tilletiaceae* from Argentina. Mycologia 37(3): 278-283.
- \_\_\_\_\_. 1986. Las Ustilaginales de la Flora Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas. Publicación especial. La Plata, Provincia de Buenos Aires. 530 p.
- Jeyanandarajah, P., and Seneviratne, S. N. de S. 1991. Fungi seed-borne in rice (*Oryza sativa*) in Sri Lanka. Seed Science and Technology 19: 561-569.
- Ji-Kwan, C. and Wen-Shi, W. 1995. Seed borne fungal pathogens of ornamental flowering plants. Seed Science and Technology 23:201-209.
- Jorgensen, J. 1981. Handbook on Seed Health Testing. Section 2. Working Sheets. Each dealing with one Pathogen on one Host. International Seed Testing Association (ISTA). Lyngby, Denmark. 105 p.
- Meronuck, R. A. 1983. Significance of grain storage molds in Minnesota and their control. In: Memorias del Coloquio Internacional sobre Conservación de Semillas y Granos Almacenados. Moreno M.,E. y M. Ramírez M. (Comps.). 20-25 de octubre de 1980. Oaxtepec, Morelos, México. pp: 393-399.
- Moreno M., E. 1983. Combate de los hongos de granos almacenados. In: Memorias del Coloquio Internacional sobre Conservación de Semillas y Granos Almacenados. Moreno M.,E. y M. Ramírez M. (Comps.). 20-25 de octubre de 1980. Oaxtepec, Morelos, México. pp: 412-439.
- \_\_\_\_\_. 1988. Manual para la Identificación de Hongos en Granos y sus Derivados. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109 p.
- Neergaard, P. 1974. Seed health-policy of certification and disease control. Seed Pathology News. 6: 7-9.
- \_\_\_\_\_. 1977. Seed Pathology. Volume. I. The MacMillan Press LTD. Printed in Great Britain by Unwin Brothers Limited. The Gresham Press, Old Working, Surrey, England. 839 p.
- Nyvall, R.F. 1989. Field Crop Diseases Handbook. 2<sup>nd</sup>. Edition. An AVI Book, Published by Van Nostrand Reinhold. New York. p.321, p.567.
- Romero C., S. 1993. Hongos Fitopatógenos. Dirección del Patronato Universitario, A.C. Universidad Autónoma Chapingo. México. 361 p.



- Sánchez E., M. C. 1990. Etiología e incidencia de la mancha negra del tallo en *Amaranthus* sp. y otras enfermedades. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Centro de Fitopatología. Montecillo, Estado de México. 84 p.
- Sivapalan, A. 1993. Fungi associated with broccoli seed and evaluation of fungal antagonists and fungicides for the control of seed-borne *Alternaria brassicicola*. Seed Science and Technology 21:237-245.
- Toman, Jr. J. and D. G. White. 1994. Efficacy of iprodione for control of storage fungi in corn. Plant Disease 78: 27-33.
- Vánky, K. 1994. Taxonomical studies on ustilaginales. XI. Mycotaxon 51: 153 - 174.
- Warham, E. J., L. D. Butter, and B. C. Sutton. n.d. Seed Testing of Maize and Wheat. A Laboratory Guide. Sustainable Maize and Wheat Systems for the Poor. CIMMYT. México, D.F. 85 p.
- Zillinsky, F. J. 1984. Enfermedades Comunes de los Cereales de Grano Pequeño: Una Guía para su Identificación. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT. El Batán, México. 141 p.
- Zundel, G. L. 1953. The Ustilaginales of the World. The Pennsylvania State College. School of Agriculture. 410 p.