

2.3. MEJORAMIENTO GENÉTICO DE MAÍZ ANTE EL COMPLEJO MANCHA DE ASFALTO EN EL SURESTE DE MÉXICO

(Corn breeding for tar spot complex in the southeast of Mexico)

Dr. Bulmaro Coutiño Estrada

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

coutino.bulmaro@inifap.gob.mx

Importancia de la enfermedad

Una de las enfermedades que causa pérdidas económicas muy importantes en el cultivo de maíz es el complejo macha de asfalto (CMA), la cual es producida por la interacción sinérgica de tres hongos: *Phyllachora maydis*, *Monographell maydis* y el hiperparásito *Coniothyrium phyllachorae*. Fue reportada por primera vez en México en 1904, advirtiéndose que se presenta con mayor frecuencia en zonas frescas y húmedas, especialmente en terrenos cercanos a las riveras de ríos o en suelos arcillosos que acumulan mucha humedad (Maublanc, 1904; Pereyda *et al.*, 2009).

En las regiones tropicales y subtropicales de México y de Centro América se presentan condiciones climáticas ideales para la presencia y desarrollo de la enfermedad. El impacto que tiene el CMA en los rendimientos de maíz depende del tiempo de infección y de las condiciones ambientales. Cuando las condiciones favorecen el desarrollo de la enfermedad, las plantas de los materiales susceptibles se marchitan por completo en una o dos semanas después de ser infectadas, a medida que las lesiones se fusionan y *Phyllachora maydis* produce una toxina

que mata el tejido con rapidez. Si la infección se presenta antes del llenado de los granos, estos no llenan bien y los granos germinan prematuramente, mientras todavía se encuentran dentro de las brácteas o totomoxtles, además, se arrugan perdiendo peso, por lo que es posible que se pierda más del 50% del rendimiento (Hock *et al.*, 1989).

Esta enfermedad causa estragos económicos en más de 800,000 hectáreas en 11 entidades del país, como son Jalisco, Michoacán, Nayarit, Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Guerrero. Causa pérdidas en la productividad del grano y en la calidad del forraje, y si ésta ocurre antes de la floración, las pérdidas pueden ser totales, como mencionan algunos agricultores, como uno de Jiquipilas, Chiapas, quien con un rostro muy aventajado platicó que cuando la enfermedad les afecta mucho en su cultivo, no solo producen muy poco para comer, sino que hasta sabe mal la tortilla que elaboran con ese grano dañado. Muchos de ellos desconocen las variedades e híbridos tolerantes a esta enfermedad, así como el control adecuado y eficiente para una mayor producción, por lo que es indispensable contar con los materiales adaptados para las diferentes regiones y con tolerancia a la mancha de asfalto.

Los programas de mejoramiento genético

Los trabajos de mejoramiento genético para obtener tolerancia a enfermedades en el cultivo del maíz en nuestro país ha sido inconsistente a través del tiempo, por diferentes factores, principalmente: la continuidad de un programa de mejoramiento a largo plazo, el retiro de personal capacitado, falta de recursos económicos y de laboratorios apropiados, sin embargo a lo largo de las últimas décadas, se han logrado diversos avances en la tolerancia a algunas enfermedades de maíz, entre las diferentes instituciones de investigación y enseñanza. En el estado de Guerrero, fue detectada por primera vez en los años 90 en el Valle de Cajales-El Ocotito, y a partir de entonces su área de infestación se amplió a otras regiones de buena producción en las que se siembran principalmente híbridos comerciales de empresas privadas y a áreas marginales donde se siembran en su mayoría variedades criollas; ambos materiales presentan alta susceptibilidad a la enfermedad (González *et al.*, 2008).

Selección Masal Moderna estratificada

En los años 90's, esta enfermedad ya causaba pérdidas cuantiosas en el municipio de Villaflores, específicamente en el ejido Guadalupe Victoria. Por esta razón, Zimuta y Coutiño (1992) iniciaron un proyecto de mejoramiento genético en la variedad criolla Olotillo amarillo en la cual se realizaron dos ciclos de Selección Masal Moderna Estratificada para obtener tolerancia a la enfermedad y reducir la altura de la planta. Al final, se evaluaron la variedad original (C0), el primer ciclo de selección (C1), el segundo ciclo de selección (C2), una variedad criolla Olotillo blanco y la variedad mejorada V-534, en dos ambientes, en Guadalupe Victoria y en el Rancho San Ramón, éste último sin problemas de mancha de asfalto. Las cinco variedades se

evaluaron en un diseño experimental Bloques completos al Azar, con 7 y 5 repeticiones, en las dos localidades mencionadas. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre localidades y entre variedades. Los mayores rendimientos se obtuvieron en el ambiente libre de la enfermedad, sobresaliendo estadísticamente la variedad mejorada V-534, como era de esperarse, pero el C2 rindió 493 kg/ha más que el C1, 714 kg más que la otra variedad criolla Olotillo y 844 kg más que el C0.

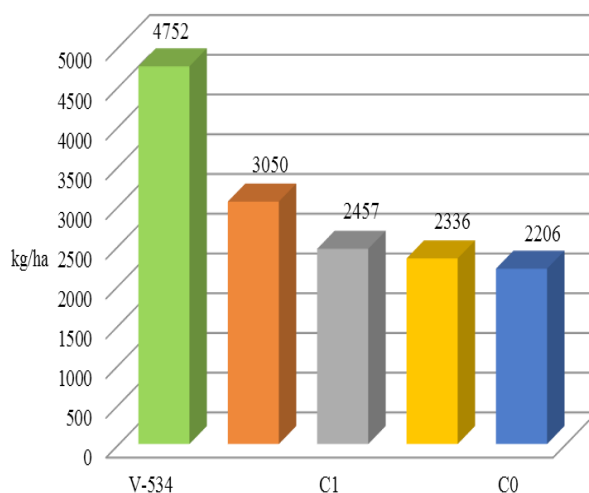


Figura 1. Rendimiento de grano de 5 variedades de maíz en San Ramón, Villaflores, Chis. 1991.

En la localidad Guadalupe Victoria, estadísticamente la mejor variedad resultó la del segundo ciclo de selección masal (C2), la cual superó en 494 kg a la C1 y en 715 kg a la C0; también superó a la variedad mejorada V-534 y a la variedad criolla Olotillo blanco en 508 y 608 kg, respectivamente. La altura de la planta se redujo de 298 cm del C0 a 278 cm en el C2, apenas 20 cm en dos ciclos de selección. Los resultados anteriores indican que es factible obtener tolerancia a la enfermedad y reducir la altura de las plantas aplicando el método de Selección Masal Moderna Estratificada.

Al respecto, Ceballos y Deutsch (1992), al estudiar la herencia de la resistencia del CMA en un dialélico de líneas de maíz, encontraron que la reacción diferente al daño del CMA en las cruza simples 4x8 y 3x8 se debió a la línea progenitora 3, la cual aportaba la resistencia y las líneas 4 y 8 fueron susceptibles; sus resultados también indicaron que un gene dominante controla la herencia de la resistencia y que la acción génica aditiva y la no aditiva estuvieron asociados con esta resistencia, por ello, Hernández-Ramos *et al.* (2015) aseguran que la selección recurrente es un método útil para incrementar los niveles de resistencia.

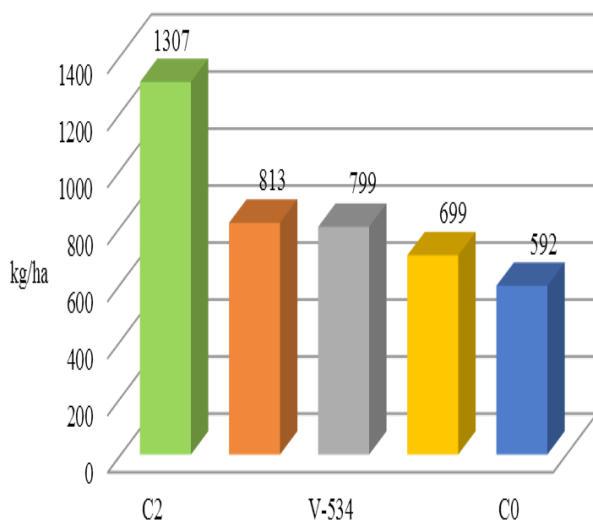


Figura 2. Rendimiento de grano de 5 variedades de maíz en Guadalupe Victoria, Chis. 1991.

Hibridación

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha hecho importantes contribuciones en obtención de resistencia a esta enfermedad, pues han formado líneas endogámicas

que combinadas producen híbridos con buena resistencia genética. En Veracruz y durante el 2011, San Vicente y Mahuku (2012) inocularon 300 líneas para evaluar su resistencia a mancha de asfalto y encontraron algunas como fuentes de resistencia, como la P502, CML-329xMBR, entre otras. CIMMYT (2013) y Coutiño (2013), informaron de los resultados de la evaluación de 7 híbridos experimentales en cuatro localidades de Chiapas durante el ciclo agrícola P. V. 2012, y reportaron que los daños fueron de 4.4 en Ocozocoautla, 3.6 en Villaflores, 1.8 en Chiapa de Corzo y 1.0 en Suchiapa, en una escala de 1 a 5, siendo 1= no daño y 5 = daño completo en el follaje.

Coutiño (2017) reportó que en los ciclos agrícolas P.V. 2014 al P.V. 2017, se evaluaron híbridos experimentales de CIMMYT en Ocozocoautla y Villaflores y se encontraron algunos con rendimientos superiores a las 10 ton/ha de grano y con daños mínimos de mancha de asfalto en el follaje, por lo que hay algunos candidatos a liberarse como híbridos comerciales. (Cuadro 1),

Coutiño (2015) inició el trabajo de mejorar la resistencia a la enfermedad en una variedad criolla del ejido Guadalupe Victoria, muy apreciada por los productores, utilizando como progenitores donantes de la resistencia dos líneas proporcionadas por el CIMMYT. Formó 347 cruza las cuales fueron evaluadas en Ocozocoautla y se encontró un pequeño grupo con mejores características de planta (menor altura que la variedad criolla), mayor vigor, mazorca más grande y menos daño de mancha de asfalto, con rendimientos mayores a los progenitores. (Cuadro 2).

El Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP ha generado diferentes híbridos para diferentes condiciones ambientales tropicales, como H-562, H-563, H-565, los cuales presentan cierta tolerancia a la incidencia de la mancha de asfalto y un excelente comportamiento en las

Cuadro 1. Híbridos experimentales evaluados en Ocozocoautla y Villalfores, Chiapas. inifap. 2014.

Hib	Genealogía	Color grano	Días Flor. Masc	Altura Plt. (cm)	Daño foliar Ocoz.	Daño foliar Villaf.	Rend. Ocoz.	Rend. Villaf.
1	CLRCW97/CML494	Blanco	58	236	1.5	1.5	10.391	5.817
10	(CML498/CML500)//CML494	Blanco	59	224	1.5	1.5	9.767	4.069
3	CLRCY015/CLYN214	Amarillo	57	221	1.5	1.5	10.893	5.307
6	(CL02450/CLYN352)//CLRCY044	Amarillo	57	225	1.5	1.2	10.460	3.077
11	(CL02450/CLYN352)//CLYN214	Amarillo	56	228	1.2	1.1	10.185	4.328

Cuadro 2. Cruzas F1 evaluadas en Ocozocoautla, Chiapas. inifap. 2014.

Hib	Genealogía	Días Flor. Masc	Días Flor. Fem.	Altura Plt. (cm)	Altura Maz. (cm)	Asp. Mz. (1-5)	No. Mz. Pod	Ocoz. t/ha	Villaf. t/ha
1	Guat-153 x Criollo Jarocho	68	70	268	123	1.3	2	5.581	1.425
2	Criollo Jarocho x Guat-153	70	71	276	119	1.5	5	3.426	1.090
3	Oax-280 x Criollo Jarocho	69	73	259	118	2.0	3	2.599	1.140
4	Criollo Jarocho x Oax-280	72	74	265	122	2.0	8	2.207	1.863

evaluaciones bajo presión del CMA y el rápido avance de la enfermedad en diferentes regiones tropicales (Gómez-Montiel *et al.*, 2013). Además, algunas empresas semilleras ya los están incrementando y están comercializando la semilla en varios estados del país.

Los campesinos utilizan típicamente técnicas agrícolas mixtas, en las que seleccionan y siembran las semillas de sus propias cosechas y que, en su lucha simple por la supervivencia en suelos pobres y con recursos limitados, continúan permitiendo que las variedades evolucionen. Seleccionan tipos de plantas a partir de sus propias observaciones y según sus necesidades específicas (Vernooy, 2003), como en este caso, la resistencia a factores adversos, dada principalmente por la variabilidad genética existente, que puede ser utilizada como material

para la obtención de variedades resistentes. Debido entre otras causas, al cambio climático, se están acrecentando las enfermedades o están mutando a nuevas razas que están afectando severamente a los maíces comerciales actuales; de esta manera, por ejemplo, para el complejo de la enfermedad mancha de asfalto, no existen en el mercado híbridos inmunes y se están aplicando fungicidas en forma preventiva en los lugares en donde la enfermedad es endémica, afectando en mayor o menor grado a 800,000 ha en el Trópico y Subtrópico de México (Mahuku, *et al.*, 2012).

Por otra parte, el genotipo aporta del 40 a 60% al rendimiento de grano (Duvic, 1992), por lo que es necesario estar renovando consistentemente las semillas mejoradas para enfrentar la presencia, cada vez mayor, de los estreses bióticos. A la fecha, ya

se dispone de variedades e híbridos de maíz identificados con tolerancia a la enfermedad mancha de asfalto, pudriciones de mazorca y con alto potencial de rendimiento y calidad de grano, aunque falta hacer una validación multiambiental para seleccionar aquellos que interaccionen menos con el ambiente y decidir cual se liberará al comercio. En Guatemala y México se han evaluado y encontrado dos híbridos de grano blanco de rendimiento alto (10 ton) y resistencia a la mancha de asfalto, y se espera que en Guatemala ya estén disponibles en el 2017 (Quiroga *et al.* 2017).

Una de las soluciones más viables y de menor costo es el mejoramiento genético, dirigido a la tolerancia a la mancha de asfalto (De León, 1982), ya que esta tolerancia está controlada por pocos genes que pueden ser fácilmente incorporados en genotipos seleccionados para tal fin. Esta sería una buena contribución para los agricultores que están teniendo pérdidas económicas y de alimentos por esta enfermedad.

Literatura Citada

- Ceballos, H. and Deutsch, J. 1992. Inheritance of resistance to tar spot complex in maize. *Phytopathology* 82:505-512.
- CIMMYT. 2013. Resultados de los ensayos de validación de híbridos en Chiapas. MASAGRO. El Batán, Edo. de México.
- Coutiño E., B. 2013. Resultados de los ensayos de híbridos comerciales y experimentales en Chiapas. MASAGRO. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozacoautla, Chiapas.
- Coutiño E., B. 2015. Informe técnico y financiero final de proyecto de investigación, validación y transferencia de tecnología Mecanismos de resistencia al complejo mancha de asfalto y selección de germoplasma. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozacoautla, Chiapas.
- Gómez-Montiel N., González-Camarillo M., Cantu-Almaguer M., Sierra-Macias M., Coutiño-Estrada B. y Majarrez-salgado M. 2013. H-563, Híbrido de maíz tropical tolerante a la enfermedad mancha de asfalto. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol.36: 81-83.
- De León, C. 1970. Selection for disease resistance in CIMMYT Maize Program in maize. *Kasetsart J.* 10:168-172.
- Duvic, D.N. 1992. Genetic contributions to advances in yield of U.S. Maize. *Maydica* 37: 69-79.
- González. C. M., M. N. Gómez, H. J. Pereyda y E. J. Muñiz. 2008. Obtención de híbridos de maíz elotero tolerantes al complejo mancha de asfalto en el estado de Guerrero. INIFAP. Folleto Técnico 17. Iguala, Guerrero. México. 36 p.
- Hernández-Ramos L., Sandoval-Islas J. S., Mahuku G., Benítez-Riquelme I. y Cruz-Izquierdo S. 2015. Genética de la resistencia al complejo mancha de asfalto en 18 genotipos tropicales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (1):39-47.
- Hock, J., J. Kranz y B. L. Renfri. 1989. El complejo mancha de asfalto de maíz: Su distribución geográfica, requisitos ambientales e importancia económica en México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 7:129-135.
- Mahuku, G. R. Shrestha y F. San Vicente. 2012. Complejo Mancha de asfalto del maíz: Hechos y acciones. Publicación especial CIMMYT Páginas 6.
- Pereyda, H. J., J. M. Hernández., S. J. I. Sandoval., S. O. Aranda., C. León., y N. M. Gómez. 2009. Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis Maubl*) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia* 43:511-519.
- Quiroga-Madriral R. R., Garrido-Ramírez E. R., Rosales esquina M. A. y Salazar Pinacho W. M. 2017. Manual técnico: Manejo integrado del complejo mancha de asfalto del maíz en México. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 39 p.
- San Vicente, F., G. Mahuku. 2012. Etiología, manejo de la mancha de asfalto en maíz. Estrategia de mejoramiento. Seminario CIMMYT
- Vernooy R. 2003. En foco. Semillas generosas. Mejoramiento participativo de plantas. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Título original en inglés: Seeds that give: participatory plant breeding. Ottawa, ON, Canadá. pp 103.
- Zimuta-Hernández., D. y Coutiño-Estrada B. 1992. Selección Masal Moderna en la raza de maíz Olotillo amarillo de Villaflores, Chiapas. En: Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Autónoma de Chiapas. p 335.