

Alumno: Ing. Agr. Fátima Soledad Montiel
Director: Lic. C. Biol. (Dra.) María de las Mercedes Echeverría
Asesores: Ing. Agr. (Dra.) Gladys Clemente, Ing. Agr. (M.Sc) Roberto De Rossi

COMPORTAMIENTO DE LÍNEAS ENDOCRIADAS DE MAÍZ FRENTE AL TIZÓN COMÚN (*Exerohilum turcicum*)

Palabras clave: Northern corn leaf blight, *Zea mays*, mejoramiento genético, rendimiento, severidad de enfermedad.

1.Introducción:

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial con múltiples y variados usos, siendo utilizado no solamente para el consumo humano, sino también como alimento para el ganado o como materia prima de un gran número de productos industriales (FAO, 2019). Argentina es el cuarto productor y tercer exportador mundial de maíz (FADA, 2019). La superficie sembrada en el ciclo agrícola 2018-2019 alcanza las 6.000.000 has, posicionándolo como el segundo cultivo con mayor superficie de siembra después de la soja (PAS, 2019).

En los últimos años, con el objetivo de lograr estabilidad en los rendimientos se ha adoptado como práctica de manejo el desplazamiento de la fecha de siembra hacia fines de diciembre y principios de enero. Dicha estabilidad está dada por un mejor balance hídrico para el cultivo producto de la menor demanda atmosférica y mayor recarga hídrica de los suelos (Otegui *et al.*, 2002). Actualmente, alrededor del 60% del maíz sembrado en el país se siembra en fecha tardía (PAS, 2015). Sin embargo, estos cambios exponen al cultivo a condiciones ambientales que favorecen la incidencia de ciertos patógenos perjudiciales, cuyos daños tienen impacto directo sobre el rendimiento.

Exerohilum turcicum (Leonard y Suggs, 1974) es un patógeno conocido con el nombre de “tizón común” (TC) y es reconocido mundialmente por las pérdidas de rendimiento que produce (Perkins y Pedersen, 1987). Además, en Argentina, el TC es considerada la principal enfermedad del maíz sembrado en fecha tardía (De Rossi, *et al.*, 2017). Estudios realizados por Díaz *et al.* (2012) la definen como una epidemia de características moderadas, con predominancia en las regiones centro (Córdoba y Santa Fe), núcleo (Buenos Aires) y en la provincia de Entre Ríos. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por alta humedad relativa (90-100%), rocío, lloviznas frecuentes y temperaturas templadas (19-22°C) (Levy y Cohen, 1983; White, 1999). Bajo condiciones predisponentes, produce esporas (conidios) que pueden ser dispersadas por el agua y el aire a largas distancias. El patógeno sobrevive en el rastrojo, por esta razón la infección generalmente comienza en las hojas inferiores, aunque puede iniciarse en la parte superior de la planta cuando el número de esporas es alto. Se trata de una enfermedad policíclica, donde las lesiones primarias pueden producir esporas en un periodo de 7 días, provocando su diseminación mucho más rápido comparada con otras enfermedades del cultivo. La infección puede ocurrir en cualquier etapa de crecimiento del cultivo, pero la mayor susceptibilidad se expresa a partir de la floración. Producto de la disminución del área foliar se ven afectados los componentes del rendimiento tales como número y peso de los granos, en diferente magnitud según momento de aparición de síntomas y susceptibilidad del genotipo (Raymundo y Hooker, 1981). Estudios muestran que, la cantidad de tejido enfermo durante el inicio de la etapa de llenado de grano tienen un mayor efecto en la pérdida de rendimiento que la misma cantidad de tejido enfermo hacia fines de este periodo (Ullstrup, *et al.*, 1957).

Los síntomas iniciales en plantas jóvenes se corresponden a manchas aisladas pequeñas de color verde-grises y elípticas que se desarrollan rápidamente entre una y dos semanas después

de la infección (White, 1999; Wise, 2011). Si las condiciones son favorables las manchas se extienden en el sentido de las nervaduras tomando una coloración pajiza, con posibilidad de expandirse produciendo infecciones severas. Posteriormente, en ambas caras, se observa una eflorescencia pardo-negrucza formada por conidios y conidióforos del patógeno (SINAVIMO, 2019; White, 1999; Wise, 2011).

Entre los diferentes métodos para el manejo del TC, se encuentran la alternancia de la siembra directa con labranza convencional, la rotación de cultivos, la aplicación de fungicidas foliares y el uso de híbridos buen comportamiento frente a la enfermedad (Pioneer, 2014; Rajeshwar *et al.*, 2013). La efectividad de la alternancia de sistemas de labranzas y rotación de cultivos es baja debido a que los conidios de *Exerohilum* pueden llegar desde lotes vecinos diseminados por el viento. Por otro lado, el uso de fungicidas para el control de la enfermedad aumenta los costos de producción de maíz y puede tener efectos indeseados sobre el ambiente. En consecuencia, el uso de híbridos resistentes o moderadamente resistentes a la enfermedad es la estrategia más efectiva y económica de manejo. Estudios acerca de la herencia indican que genes mayores y menores son los que confieren resistencia al TC (Freymark, *et al.*, 1993) actuando juntos o separados (Juliana *et al.*, 2005). Evaluaciones realizadas en la región centro-norte de Córdoba indican que los híbridos utilizados en la zona presentan diferentes grados de sensibilidad al patógeno (De Rossi *et al.*, 2010).

La resistencia a enfermedades es uno de los objetivos principales en los programas de mejoramiento genético vegetal (Acquaah, 2012). La selección de materiales con buen comportamiento frente al patógeno es una tarea compleja, que involucra reproducir la enfermedad en condiciones experimentales con el fin de evaluar el comportamiento de los genotipos de interés. Como alternativa, cuando no es posible la inoculación, pueden realizarse evaluaciones a campo a partir de infección natural. Para ello, los genotipos deben ser evaluados bajo condiciones ambientales y de manejo favorables para el desarrollo de la enfermedad. La evaluación de líneas endocriadas de maíz por su comportamiento frente al TC permite identificar germoplasma que actuará como fuente de resistencia para ser incorporada dentro de programas de mejoramiento genético. El comportamiento de los genotipos frente al TC se evalúa, en general post-floración, registrando severidad de la enfermedad y construyendo curvas de progreso de la enfermedad (Campbell y Maden, 1991). Además, la disminución del rendimiento en consecuencia de la presencia de la enfermedad puede evaluarse a través de la variación de los componentes que los definen, peso y número de granos.

En este trabajo se postulan la siguiente hipótesis:

1. Líneas endocriadas de maíz del programa de mejoramiento de KWS Argentina S.A presentan comportamiento diferencial respecto a severidad de TC.
2. Existe relación entre el peso de mil semillas y número de granos con la severidad de TC en las líneas endocriadas de maíz del programa de mejoramiento de KWS Argentina S.A.

Para poner a prueba las hipótesis formuladas se plantea como objetivo general:

1. Caracterizar 30 líneas endocriadas de maíz del programa de mejoramiento de KWS Argentina S.A por su severidad frente a TC.
2. Medir el efecto de la enfermedad sobre el peso de mil semillas y el número de granos por espiga.

Los objetivos específicos serán:

1. Evaluar la severidad de TC en los genotipos en estudio.
2. Identificar genotipos de buen comportamiento frente a la enfermedad.
3. Establecer la relación entre el peso de mil semillas, número de granos y la severidad de TC en las líneas endocriadas estudiadas.

2. Materiales y Métodos

Año 2019:

Se evaluaron 43 genotipos de maíz, líneas endocriadas elite del programa de mejoramiento genético de la empresa KWS Argentina S.A, originados a partir de grupos heteróticos contrastantes. La evaluación se realizó bajo infección natural con un diseño en bloques completos aleatorizados (dos repeticiones) en tres localidades: Las Cejas (Santiago del Estero), Araoz (Tucumán) y Colonia Caroya (Córdoba). Las fechas de siembras fueron: 22 de enero en Las Cejas y Colonia Caroya y 24 de enero en Araoz. La unidad experimental fue una parcela de dos surcos de 5 m, con un distanciamiento entre surcos de 0,52 m y densidad de 50.000 plantas/ha. Se registró severidad de la enfermedad medida con una escala de 1 (muy resistente) a 9 (muy susceptible) (Bergamin Filho *et al.*, 1996). Se utilizó como testigo una línea de comportamiento conocido frente a la enfermedad (severidad = 3 medida con la misma escala anteriormente mencionada). La bordura del ensayo fue un híbrido susceptible a la enfermedad. El cultivo se desarrolló sin limitaciones hídricas ni nutricionales.

Año 2020:

Se realizará un ensayo en el cual se evaluará bajo infección natural un sub-grupo de 29 líneas de las 43 evaluadas en el año 2019 que presentaron variabilidad en los registros de severidad frente a TC más una línea testigo. El ensayo se sembrará en siembra directa en fecha tardía (1º quincena de enero) en la Estación Experimental de KWS Argentina S.A. ubicada en la ciudad de Colonia Caroya, Córdoba donde las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la TC.

El diseño será en bloques completos aleatorizados con arreglo de tratamientos en parcelas divididas con dos repeticiones. Las líneas endocriadas serán asignadas a las subparcelas y la aplicación de fungicidas (con y sin) a las parcelas principales. La unidad experimental será una parcela de dos surcos de 4 metros, con un distanciamiento entre surcos de 0,52 m y densidad de 50.000 plantas/hectárea. A su vez, cada parcela tendrá un surco adicional que corresponderá a una línea conocida por su alta susceptibilidad a TC que actuará como donadora de inoculo. Además, dicha línea será sembrada como bordura del ensayo. El ensayo se llevará a cabo sin restricciones hídricas ni nutricionales.

Aplicación de fungicida: Se aplicará (con pantalla) una mezcla de triazol y estrobilurina (5% de epoxiconazole + 13,3 % de pyraclostrobin). La dosis utilizada será la de marbete (750 cc³/ha). El momento de aplicación del fungicida será cuando la línea testigo susceptible presente los primeros síntomas de la enfermedad. Para disminuir los riesgos de deriva a las parcelas adyacentes sin tratar, las parcelas principales en cada bloque estarán separadas por dos surcos de maíz híbrido y los bloques entre ellos estarán separados por dos metros de camino.

Evaluación de severidad: se evaluará la severidad por planta como porcentaje de hojas enfermas sobre el total de hojas en tres plantas por parcela con una escala de 1 (muy resistente) a 9 (muy susceptible) (Bergamin Filho *et al.*, 1996). Se realizarán mediciones cada 7 días a partir del estadio fenológico R1. Se construirá la curva de progreso de la enfermedad y se determinará el área bajo la curva para cada genotipo (Campbell y Maden, 1991).

Evaluación del número de hileras por espiga y granos por hilera: Se seleccionarán 3 espigas por parcela y se registrará el número de hileras por espiga y el número de granos por hileras. A partir de estos parámetros se calculará el promedio del número de granos por espiga.

Evaluación de peso de mil semillas: se cosecharán 5 espigas por parcela y se medirá el peso de mil semillas ajustado a 14,5% de humedad.

Se calculará la variación relativa del peso de mil semillas y del número de granos por espiga para cada línea endocriada a partir de la siguientes formulas:

$$VR-PMS: (Y1-Y2)/Y1 \times 100$$

Donde: VR-PMS= Variación relativa del peso de 1000 semillas, Y1= peso de mil semillas de la parcela tratada con fungicida, Y2= peso de mil semillas de la parcela sin tratamiento con fungicida.

$$VR-NG: (Y1-Y2)/Y1 \times 100$$

Donde: VR-NG= Variación relativa del número de granos, Y1= número de granos promedio por espiga de la parcela tratada con fungicida, Y2= número de granos promedio por espiga de la parcela sin tratamiento con fungicida.

Análisis de datos: Se realizará un análisis de varianza, se compararan las medias de los genotipos y se ordenarán para cada una de las variables analizadas. Además, se realizará un análisis de correlación entre las variables. Se utilizará el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2018).

3. Cronograma:

AÑO	2019											2020										
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	
Actividades académicas	X	X	X	X	X	X		X	X													
Revisión Bibliográfica	X	X	X	X	X																	
Preparación del proyecto						X	X															
Preparación de la semilla									X	X												
Siembra del experimento											X											
Conduccion del experimento y evaluación fenotípica											X	X	X	X	X	X						
Análisis de los datos																	X	X				
Escritura del avance del proyecto																X	X					
Análisis de datos y escritura de tesis																		X	X			
Preparación del manuscrito																			X	X		

4. Significado de la investigación:

La caracterización de las líneas endocriadas de maíz por su comportamiento frente a TC permite la identificación de germoplasma con altos niveles de resistencia. De esta manera, los genotipos identificados como promisorios pueden ser utilizados dentro del programa de mejoramiento genético de la empresa KWS Argentina S.A como fuente de genes de resistencia o como progenitores de híbridos que, al ser liberados al mercado comercial, tendrán un mejor posicionamiento en ambientes donde está presente la enfermedad.

5. Facilidades disponibles:

Este proyecto estará financiado por el programa de mejoramiento genético de maíz perteneciente a KWS Argentina S.A, contando además con la infraestructura de laboratorios, biblioteca y recursos informáticos de la Unidad Integrada Balcarce (FCA, UNMdP-EEA INTA).

6. Bibliografía:

- ACQUAAH, G. 2012. Breeding for resistance to diseases and insect pests. En: Principles of plant genetics and breeding, second edition. John Wiley & Sons Ltda, NY, USA. pp.260-278.
- BERGAMIN FILHO A.; AMORIM L. 1996. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. Piracicaba. Agronômica Ceres 299.
- BERNARDI OGLIARI, J.; GUIMARÃES, M.A.; OLÍVIO GERALDI I.; ARANHA CAMARGO, L.E., 2005. New resistance gene in *Zea mays Exserohilum turcicum* pathosystem. Genet. Mol. Biol., 28: 435-439.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. 1991. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley & Sons Ltda, NY, USA. 532p.
- DE ROSSI, R.L.; GIMÉNEZ PECCI, M.P.; GUERRA, F.A.; PLAZA, M.C.; BRÜCHER, E.; GUERRA, G.D.; TORRICO, A.K.; CAMILETTI, B.X.; MAURINO, M.F.; BARONTINI, J.; FERRER, M.; LUCINI, E.; LAGUNA, I.G. 2017. Enfermedades de maíz de siembra tardía causada por hongos. En: El mismo maíz, un nuevo desafío: Compendio primer congreso de maíz tardío. Dow Agrosiences Argentina. Libro Digital. pp.109-127.
- DE ROSSI, R.L.; PLAZAS, M.C.; BRUCHER, E.; DUCASSE, D.; GUERRA, G., 2010. El Tizón del Maíz (*Exserohilum turcicum*): presencia e impacto en el centro-norte de Córdoba durante tres campañas agrícolas.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES F.; BALZARINI M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO C.W. 2018. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar> [consulta: 29 de junio 2019]
- DIAZ, C.; DE ROSSI R.; COURETOT. L.; SILLÓN, M.; FORMENTO, N.; GONZALEZ, V. 2012. Prevalencia y distribución de enfermedades del maíz en Argentina. 29° Congresso Nacional de Milho e Sorgo. 26-30 agosto de 2012. Águas de Lindóia, SP, Brasil. 7p.
- FADA, 2019. MAÍZ 360°: de Argentina al mundo. <<http://fundacionfada.org/infovisual/maiz-360o-de-argentina-al-mundo/>> [consulta: 29 de junio 2019]
- FAO, 2019. Introducción al maíz y su importancia. <<http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s02.htm>> [consulta: 29 de junio 2019]
- FREYMARK, P.J.; LEE, M.; WOODMAN, W.L.; MARTINSON, C.A. 1993. Quantitative and qualitative trait loci affecting host-plant response to *Exserohilum turcicum* in maize (*Zea mays* L.) Theoretical and applied genetics. 87:537-544.
- LEONARD, K.J.; SUGGS, E.G. 1974. *Setosphaeria prolata*, the ascigerous state of *Exserohilum prolatum*. Mycologia 66, 281-97.
- LEVY, Y.; COHEN, Y., 1983. Differential Effect of light on spore germination of *Exserohilum turcicum* on corn leaves and corn leaf impressions. Phytopathology 73, 249-252.
- LOREA, R.D.; LEBREO, N.; TORRENT, I. 2018. Comportamiento de líneas endocriadas de maíz frente al tizón foliar común del maíz (*Exserohilum turcicum*) bajo inoculación. Sea Maíz- XI Congreso Nacional de Maíz, agosto 2018, Pergamino, Buenos Aires [en línea] <<http://congresodemaiz.com.ar>>
- OTEGUI, M.E.; MERCAU J.L.; MENDEZ F.J. 2002. Estrategias de manejo para la producción de maíz tardío y de segunda. In: E.H. Satorre, editor, Guía Dekalb del cultivo de maíz. Servicios y Marketing Agropecuario, Buenos Aires. p. 171–184.
- PAS, 2015. Panorama Agrícola Semanal. Bolsa de Cereales, Argentina. Departamento de Estimaciones Agrícolas.
- PAS, 2019. Panorama agrícola semanal. Bolsa de Cereales. Departamento de Estimaciones Agrícolas. 12p.
- PERKINS, J.M.; PEDERSEN, W.L. 1987. Disease development and yield losses associated with northern leaf blight on corn. Plant Dis. 71:940-943.
- PIONEER, 2014. Tizón foliar del maíz. 2p.
- 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, Volume 3, 10p.
- RAYMUNDO, A.; HOOKER, A., 1981. Measuring the relationship between northern corn leaf blight and yield losses. Plant dis. 65,325-327.
- SINAVIMO, 2019. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. <<https://www.sinavimo.gov.ar/plaga/exserohilum-turcicum>> [consulta: 29 de junio 2019]

ULLSTRUP, A.J.; MILES, S.R., 1957. The effects of some leaf blights of corn on grain yield. *Phytopathology* 47:331-336.

WHITE, D.G. 1999. *Compendium of corn diseases*. 3ed. The American Phytopathological Society, APS Press, St Paul, Minnesota, USA. 78p.

WISE, K. 2011. *Diseases of Corn: Northern Corn Leaf Blight*. In.: Purdue Extension: The Education Store.