

## Artículo original / Original article

# Caracterización de la ocurrencia y distribución del tizón foliar común del maíz en el centro norte de Córdoba durante 10 años

Characterization of the occurrence and distribution of northern corn leaf blight in the north central of Córdoba for ten years

Roberto Luis De Rossi <sup>1\*</sup>; Fernando Andrés Guerra <sup>1</sup>; María Cristina Plazas <sup>1</sup>; María Celeste Gregoret <sup>1</sup>; Gustavo Darío Guerra <sup>1</sup>; Erlei Melo Reis <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Católica de Córdoba, Córdoba, Argentina

<sup>2</sup>Instituto Agris, Passo Fundo, Río Grande do Sul, Brasil

## RESUMEN

El tizón foliar común (TFC), causado por *Exserohilum turcicum*, es la enfermedad más importante del maíz en siembras tardías en Argentina. Este estudio tuvo como objetivo analizar una base de datos de sanidad generada durante diez campañas para caracterizar la ocurrencia y distribución espacial del TFC en la región centro-norte de Córdoba. Se aplicaron estadísticas descriptivas, análisis comparativos, estadística multivariada, árboles de clasificación por regresión y mapeo geoespacial, considerando variables de manejo y la severidad final (SF). En cinco campañas se registraron valores promedio de SF  $\geq 10$  %, con máximos del 45 % y 62 % en zonas cercanas a Villa María y Villa de María de Río Seco, respectivamente. El componente genético explicó el 58,8 % de la variación observada en SF ( $p < 0,0001$ ), lo que destaca la importancia de seleccionar híbridos con buen comportamiento frente al patógeno. La SF se incrementó con el retraso en la fecha de siembra, y los años con condiciones climáticas Neutras o La Niña presentaron mayor probabilidad de epidemias severas. Los resultados permiten comprender la dinámica espacial y temporal del TFC en la región y constituyen una base sólida para el desarrollo de estrategias de manejo específicas para este patosistema.

**Palabras clave:** epidemiología; *Exserohilum turcicum*, tizón foliar del maíz; *Zea mays*

## ABSTRACT

Northern corn leaf blight (NCLB), caused by the fungus *Exserohilum turcicum*, is Argentina's most significant corn disease in late planting dates. This study aimed to compile, organize, and analyze a ten-year corn health database to characterize the occurrence and spatial distribution of NCLB in the north-central region of Córdoba. Summary statistics, comparative analyses, multivariate statistics, regression classification trees, and geospatial mapping were applied to evaluate the relationship between crop management variables and final disease severity (FS). High average FS values ( $\geq 10\%$ ) were recorded in five crop growing seasons, with the highest levels observed in areas near Villa María and Villa María de Río Seco (45% and 62%, respectively). Genotype accounted for the most significant proportion of variation in FS (58.8%;  $p < 0.0001$ ), highlighting the importance of understanding hybrid performance in response to NCLB pressure. Later planting dates were associated with increased FS, and Neutral and La Niña exhibited a higher likelihood of severe disease outbreaks. These findings enhance our understanding of NCLB epidemiology in the region by describing its spatial and temporal dynamics and offering essential information for designing effective disease management strategies for this pathosystem.

**Keywords:** epidemiology; *Exserohilum turcicum*, Northern corn leaf blight; *Zea mays*

**Cómo citar / Citation:** De Rossi, R. L., Guerra, F. A., Plazas, M. C., Gregoret, M. C., Guerra, G. D. & Erlei, M. R. (2025). Caracterización de la ocurrencia y distribución del tizón foliar común del maíz en el centro norte de Córdoba durante 10 años. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 4(1), e112. <https://doi.org/10.56926/repia.v4i1.112>

Editor: Dr. Fred William Chu Koo 



## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo estratégico para la Argentina. Durante la última década ha experimentado un crecimiento sostenido tanto en superficie sembrada como en volumen cosechado, alcanzando en la campaña 2019/20 una superficie de siete millones de hectáreas y una producción superior a los 50 millones de toneladas, con una contribución estimada de más de 10 mil millones de dólares al Producto Bruto Interno nacional (BCR, 2020).

La región centro-norte de la provincia de Córdoba es la región con mayor superficie de siembras tardías de maíz del país, superando las 870.000 hectáreas anuales. Considerando además las regiones centro y sur, Córdoba supera los 3,1 millones de hectáreas sembradas, posicionándose como la provincia de mayor producción nacional y la octava en orden internacional. Del total sembrado, el 55 % corresponde a siembras tardías, realizadas desde la última semana de noviembre en adelante (IDECOR, 2021).

En Argentina, la incorporación de tecnologías como la siembra directa y el desplazamiento hacia fechas de siembra más tardías ha contribuido al surgimiento y aumento de enfermedades en cultivos extensivos, incluido el maíz. Estos sistemas favorecen la permanencia de residuos de cosecha en superficie y la presencia de plantas voluntarias, lo que promueve la supervivencia de patógenos. A su vez, las condiciones ambientales prevalecientes durante el ciclo de los cultivos tardíos, más estables desde el punto de vista hídrico y térmico, también pueden favorecer la emergencia y reemergencia de enfermedades (Formento, 2018).

Entre las enfermedades que afectan al maíz en el país, el tizón foliar común (TFC) se ha consolidado como una de las más prevalentes, con incrementos notorios en incidencia y severidad durante los últimos años en Argentina (Couretot et al., 2016; De Rossi et al., 2017). Esta enfermedad es causada por el hongo *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard & Suggs [sin.: *Helminthosporium turcicum* Pass.], forma anamórfica de *Setosphaeria turcica* (Luttr.) K.J. Leonard & Suggs (Munkvold & White, 2016).

A nivel global, el TFC es considerado una de las principales enfermedades foliares del maíz, con reportes de pérdidas de rendimiento superiores al 40 % en condiciones favorables para su desarrollo (Raymundo & Hooker, 1981; De Rossi et al., 2022).

La epidemiología, como disciplina central de la fitopatología, se encarga de analizar el papel de las distintas variables que intervienen en la dinámica de las epidemias de enfermedades de plantas (Kranz, 1990). El entendimiento de estos procesos implica considerar las poblaciones de patógenos y hospedantes, los factores ambientales y las interacciones entre ellos (Vale et al., 2004). Un análisis epidemiológico preciso puede aportar información clave para programas de mejoramiento genético y para la adopción de estrategias de manejo eficaces (Teyssandier, 2005).

En este contexto, contar con bases de datos estructuradas y confiables es esencial para el análisis epidemiológico de un patosistema (Xiong, 2009). Cuando las bases de datos se organizan de forma criteriosa y permiten la generación de variables derivadas, mediante procesos aditivos, multiplicativos u otros, se convierten en matrices de datos que facilitan análisis complejos y respuestas a preguntas de investigación (Mora-Aguilera et al., 1998; 2000).

Con esa información es posible diagramar estrategias de manejo eficaces. Una de ellas es la resistencia genética, que ha sido reconocida como la estrategia más eficaz y sostenible para el manejo del TFC, dado su impacto directo en la progresión de la epidemia y la reducción de la severidad final de la enfermedad. Sin embargo, la variabilidad en la respuesta de los híbridos, atribuida a interacciones complejas entre el patógeno y el ambiente, resalta la necesidad de evaluar periódicamente el desempeño sanitario de los materiales comerciales en distintas regiones y condiciones de cultivo (Mirsam et al., 2024). En paralelo, recientes avances en genética cuantitativa han identificado regiones genómicas clave vinculadas a la resistencia a *E. turcicum* (Rashid et al., 2020). Este conocimiento proporciona una base sólida para el diseño de programas de mejoramiento genético más eficientes y específicos, especialmente en escenarios donde la presión de la enfermedad es alta.

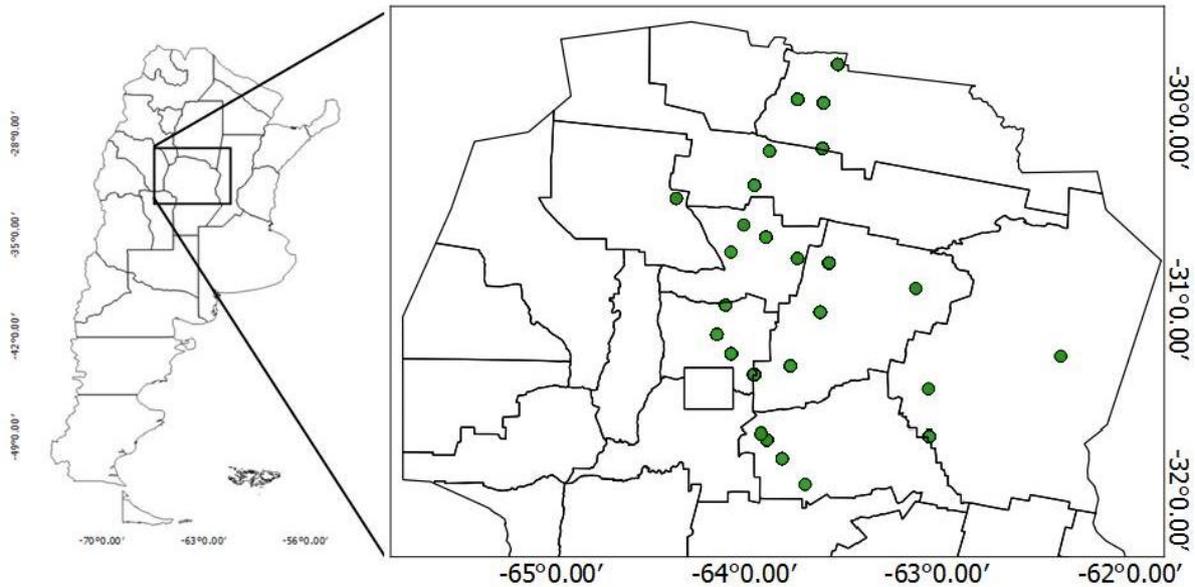
Pese a la creciente importancia del TFC en siembras tardías, son escasos los estudios que analizan su distribución y comportamiento epidemiológico a nivel regional, especialmente en la región centro-norte de Córdoba. En este marco, se plantea la hipótesis de que la ocurrencia y distribución del TFC están condicionadas por factores climáticos, genéticos y de manejo agronómico. La consolidación de una base de datos confiable que compile información sanitaria de diez campañas agrícolas en el cultivo de maíz posibilitará caracterizar el desarrollo del TFC en el centro-norte de Córdoba. Este enfoque facilitará la identificación de patrones y variables críticas que puedan ser consideradas para generar herramientas efectivas para su manejo.

Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron generar una base de datos y matriz epidemiológica, analizar la información sanitaria recopilada durante diez campañas agrícolas, caracterizar la ocurrencia y distribución espacial del TFC, y aportar información clave para el diseño de estrategias de manejo específicas para la región.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Recopilación de información

La información sanitaria del cultivo de maíz fue recopilada por el equipo del Laboratorio de Fitopatología, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de la Universidad Católica de Córdoba (UCC), durante diez campañas agrícolas, en el período 2007-08 a 2016-17. Esta información se obtuvo de 86 ensayos realizados en 29 localidades del centro norte de Córdoba, ubicadas entre las latitudes -32.519004 y -29.432741 (Figura 1). Los ensayos incluyen dos tipos: i) ensayos comparativos de rendimiento de híbridos de maíz (ECR) y ii) ensayos con uno o más híbridos sometidos a diferentes tratamientos con fungicidas. Todos los ensayos provienen de red de ensayos diseñados por el Laboratorio o en los que intervino para realizar las evaluaciones sanitarias.



**Figura 1.** Localidades de la región centro norte de Córdoba y mapa de Argentina donde se generó la información sanitaria del cultivo de maíz, por el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Católica de Córdoba, entre 2007-08 y 2016-17.

### Generación de la base de datos y matriz epidemiológica

Se digitalizó la información registrada en planillas de campo, generando una base de datos en formato Excel. Posteriormente, se elaboró una matriz epidemiológica detallada que incluyó variables como: campaña, identificación del ensayo (tipo y denominación), entidad, establecimiento, localidad, coordenadas geográficas (latitud y longitud expresadas en UTM), fecha de siembra, década de siembra, fenómeno fase de El Niño Oscilación Sur (ENSO), cultivo antecesor, fertilización, densidad, rango de densidad de siembra, régimen de secano o riego, precipitación pluvial total (mm recibidos durante el ciclo del cultivo) y segmentada durante el ciclo, desde siembra hasta R1 y post floración, estrés térmico (temperaturas  $>35$  °C durante tres días consecutivos), estrés hídrico (períodos sin precipitaciones  $>25$  días), aplicación de fungicidas (fecha y estado fenológico), rendimiento en testigo, rendimiento en parcelas con tratamientos, diferencia de rendimiento, peso de mil granos, híbrido, semillero, evaluación sanitaria (estado fenológico, tercio de planta evaluado, severidad (%) de TFC) y genética (reacción del híbrido frente al TFC). Además, se registraron severidades de roya común, bacteriosis, cercosporiosis, roya polisora y la incidencia de pudriciones de raíces y tallo, todas expresadas en porcentaje (%).

### Análisis de datos

Se consideraron únicamente ensayos con presencia de TFC causada por infecciones naturales ( $n=56$ ). En algunos casos, otras enfermedades estuvieron presentes, pero con severidades menores al 3 %, generalmente inferiores al 1 %, y casos con múltiples enfermedades significativas ( $>5$  % severidad) fueron excluidos del análisis. A partir de la información recopilada se definieron variables de estudio para analizar de la ocurrencia y distribución del TFC en el centro norte de Córdoba, mediante técnicas descriptivas, análisis de varianza (ANOVA) y estadística multivariada (árboles de clasificación y regresión, CART), utilizando los programas Excel, InfoStat (Di Rienzo et

al., 2018) y QGis (2018). Las variables seleccionadas, sus unidades de medida y rangos explorados se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Variables, unidades y rangos explorados en la matriz epidemiológica generada para el análisis del tizón foliar común (TFC), causado por *Exserohilum turcicum* en híbridos de maíz de la región centro norte de Córdoba, durante diez campañas agrícolas (2007-08 y 2016-17).*

<b>Variable</b>	<b>Unidades</b>	<b>Detalle/Rango explorado</b>
Cultivo antecesor	categoría	maíz, soja, trigo, garbanzo
Fecha de siembra (FS)	fecha	31/10 al 02/02
Década de siembra	categoría	3° D Octubre / 1° D Febrero
FS temprana	fecha	31/10 al 20/11
FS tardía	fecha	20/11 al 02/02
Genética (reacción a TFC)	categoría	S, MS, MS, R
Densidad	pl ha-1	48 000 / 83 000
Uso de fungicida	binaria	tratado / testigo
Fenómeno ENSO	categoría	Niño, Niña, Neutro
Latitud	grado	-29.432741 / -32.985312
Longitud	grado	-62.342824 / -64.223831
Rendimiento	kg ha-1	1880 / 13 320
Severidad final de TFC	%	0 a 95

## Ocurrencia

Se utilizó el término ocurrencia como sinónimo de presencia o aparición estadística de la enfermedad, evaluada mediante: i) número de campañas agrícolas con diferentes niveles de TFC, ii) número de ensayos con diferentes registros de TFC, iii) distribución según severidad final, iv) según comportamiento sanitario, v) según variables de manejo agronómico y vi) según fechas de siembra.

## Análisis de campañas, ensayos y severidad final

Se generaron resúmenes tabulares y gráficos para analizar la frecuencia de campañas y ensayos con registros de TFC, así como la distribución de severidades finales a partir de la matriz epidemiológica.

## Comportamiento sanitario de híbridos

Los casos fueron clasificados en cuatro categorías según severidad final de TFC: i) resistente (R, <1 %), ii) moderadamente resistente (MR, 1,1 - 5 %), iii) moderadamente susceptible (MS, 5,1 - 10 %), y iv) susceptible (S, >10 %). Se calculó el porcentaje de cada clase respecto al total de materiales evaluados en cada campaña.

## Variables de manejo agronómico

Se seleccionaron cinco variables para evaluar su influencia en el desarrollo del TFC: cultivo antecesor, densidad de plantas, genética (reacción al TFC), fenómeno ENSO y fecha de siembra. Variables como fertilización y precipitación pluvial fueron descartadas debido a su baja representatividad. Se emplearon regresiones logísticas y árboles de clasificación (CART) para modelar la severidad final en función de genética, fecha de siembra (temprana o tardía) y ENSO, aplicando el modelo sobre 906 casos. La asignación de cada campaña agrícola a una de las tres

fases ENSO se realizó según los datos del índice Oceanic Niño Index (ONI) provistos por la NOAA (Climate Prediction Center).

### **Análisis según fechas de siembra**

Se evaluaron diferencias en severidad final de TFC según fechas de siembra, segmentando cada mes en tres décadas (periodos de 10 días). Para visualización se usaron diagramas de caja y distribución empírica de probabilidades, distinguiendo siembras tempranas (hasta 20 de noviembre) y tardías (desde el 20 de noviembre inclusive).

### **Distribución geográfica**

La distribución espacial de la severidad final de TFC en las 29 localidades se representó mediante mapas elaborados en QGis (2018) usando interpolación por distancia inversa ponderada (IDW), la técnica que mejor reflejó los datos reales. Se generaron mapas adicionales considerando la variable ENSO y las probabilidades empíricas de severidad según este fenómeno.

### **Selección y evaluación de la severidad final**

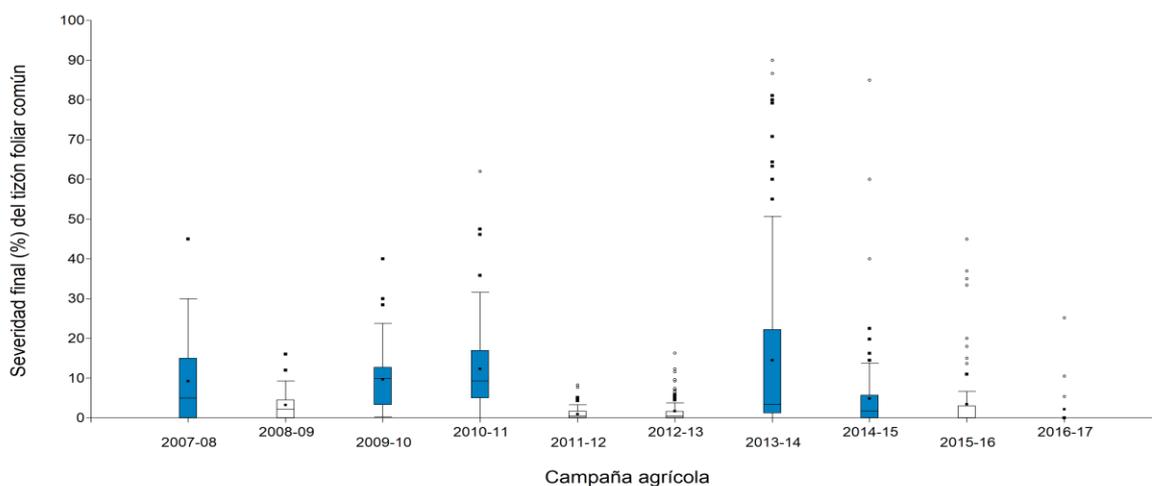
Se seleccionaron los tratamientos testigos (sin fungicidas), siendo la variable de estudio la severidad final (SF%), expresada como porcentaje de área foliar afectada en estado fenológico R4 (grano pastoso) (Ritchie & Hanway, 1982), evaluada en las hojas de la espiga, una por encima y una por debajo (he, he+1, he-1). El dato final correspondió al promedio de seis plantas por genotipo y repetición. Estas hojas y el estadio R4 se eligieron por su relación demostrada con daños en rendimiento (Pataky, 1992; De Rossi et al., 2022). Los evaluadores fueron previamente entrenados utilizando escalas diagramáticas estándar (Pataky, 1992; Bleicher, 1988) y software específico de entrenamiento Disease Pro (Nutter & Worawitlikit, 1989) y Distrain (Tomerlin & Howell, 1988).

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Diez años de evaluaciones sanitarias del cultivo de maíz en la región centro norte de Córdoba fueron relevados y sistematizados. La información fue organizada en planillas de Excel, generando la primera base de datos epidemiológica sobre sanidad de maíz en Argentina. La misma se encuentra disponible para investigaciones y desarrollos posteriores, previa solicitud al Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Católica de Córdoba (labfitopatologia.agro@ucc.edu.ar). A partir de esta base, se construyó una matriz epidemiológica de datos sanitarios, ambas denominadas en conjunto como Base de Datos y Matriz Epidemiológica Sanidad de Maíz. Dicha matriz resume 86 ensayos de sanidad del cultivo de maíz, abarcando información de 197 híbridos de maíz, pertenecientes a 18 empresas semilleros y distribuidos en 29 localidades del centro norte de Córdoba.

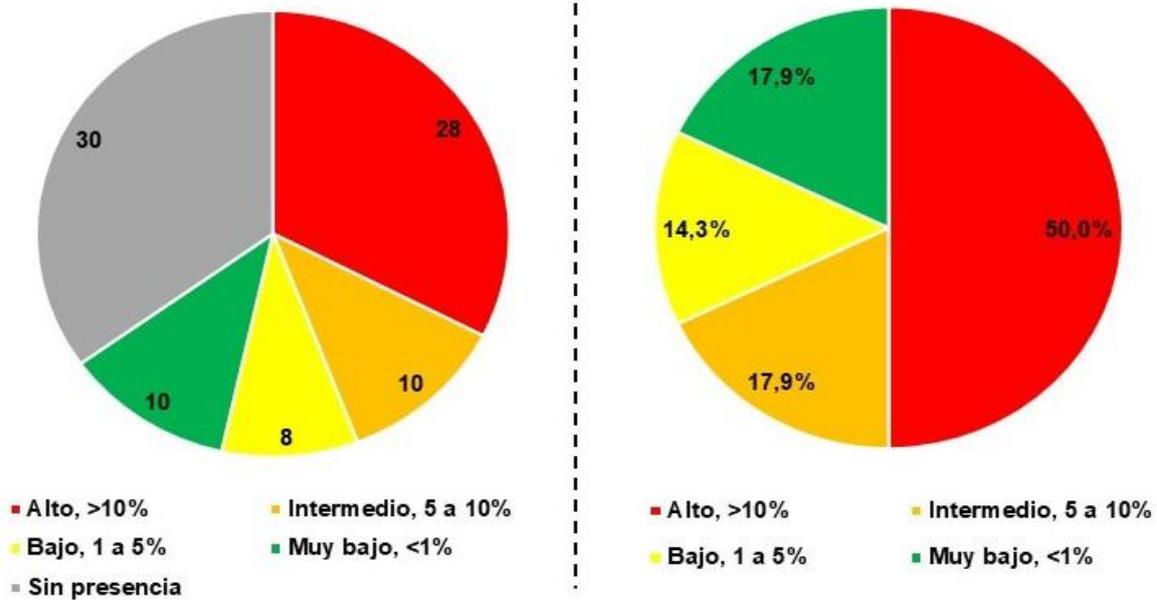
Durante las campañas 2007-08, 2009-10, 2010-11, 2013-14 y 2014-15 se registraron elevadas severidades finales promedio de TFC ( $\geq 10\%$ ), situación que se repitió en diferentes localidades del centro norte de Córdoba, inclusive hubo casos donde se evaluaron daños del área foliar superiores al 50 %. En las campañas 2013-14 y 2014-15 se registraron valores de severidad superiores al 70 %, observándose hojas completamente necrosadas en estados fenológicos reproductivos. La Figura 2

muestra la distribución de severidades finales (%) mediante un gráfico de cajas, destacando las campañas de alta presión.



**Figura 2.** Severidades finales (%) del tizón foliar común (*Exserohilum turcicum*), en 86 ensayos de maíz entre 2007-08 y 2016-17 en el centro norte de Córdoba. Campañas con alta presión se destacan en color azul.

El TFC se registró en el 65,1 % de los ensayos (56 de 86). De estos, 28 ensayos (50 %) presentaron severidades finales superiores al 10 %, consideradas altas. En 10 ensayos (17,9 %) se registraron severidades intermedias (5-10 %), mientras que en 8 (14,3 %) las severidades fueron bajas (1-5 %). En otros 10 ensayos (17,9 %) la enfermedad se expresó con muy baja intensidad (<1 %). La suma de 28 ensayos con presión alta (>10 %) y los 10 de presión intermedia (5 a 10 %) de TFC, 38 ensayos, representan el 67,8% de los casos positivos, lo que permitió estudiar este patosistema bajo condiciones de una adecuada presión de enfermedad. En 30 ensayos no se detectó a la enfermedad (Figura 3).



**Figura 3.** Distribución del número de ensayos con diferentes intensidades de tizón foliar común (*Exserohilum turcicum*) (izquierda) y porcentaje de los casos con enfermedad con diferentes niveles (derecha) registrados en la matriz epidemiológica Sanidad de Maíz.

Los resultados obtenidos son consistentes con reportes previos en otras regiones del país. En el norte de Buenos Aires, Couretot et al. (2010; 2016) describieron al TFC como una enfermedad de alta prevalencia, con incidencia y severidad crecientes en los últimos años. En Entre Ríos, Formento (2010) documentó la aparición epifítica ocasional del TFC desde 1996/97 en siembras tardías, intensificándose en años con lluvias frecuentes y temperaturas moderadas durante los meses estivales. En talleres sobre sanidad de maíz realizados entre 2013 y 2017, con participación de investigadores de 16 instituciones argentinas, se concluyó que los cambios en el sistema productivo (ampliación del rango de fechas de siembra, diversificación de ambientes y aumento del monitoreo sanitario) visibilizaron la importancia creciente del TFC (De Rossi & Couretot, 2013).

Históricamente, el TFC ya era considerado una enfermedad importante en Argentina. En la década del '60, en IDIA (1969) ya se mencionaba como una enfermedad difundida y grave en todas las áreas cultivada, pero más severa en el noroeste (NOA) y noreste (NEA) del país. En el año 2010, el TFC fue la enfermedad de mayor prevalencia en el centro norte de la provincia de Córdoba, y desde 2007-08 se manifiesta anualmente con severidades variables (Guerra & De Rossi, 2010). En Brasil, se ha reportado su presencia generalizada en la región centro-sur, con severidad dependiente de las condiciones ambientales y de la susceptibilidad del híbrido (Reis & Casa, 1996; Pinto, 1997; Carson, 1995; Ramathani et al., 2011).

Durante las primeras cuatro campañas (2007-08 a 2010-11), más del 60 % de los híbridos evaluados presentaron comportamientos moderadamente susceptibles (MS) o susceptibles (S). La excepción fue la campaña 2008-09, afectada por una intensa sequía que limitó el desarrollo de la enfermedad. A partir de 2011-12, se observó un incremento progresivo de híbridos con reacciones moderadamente resistentes (MR) o resistentes (R), reflejando el recambio de materiales por parte

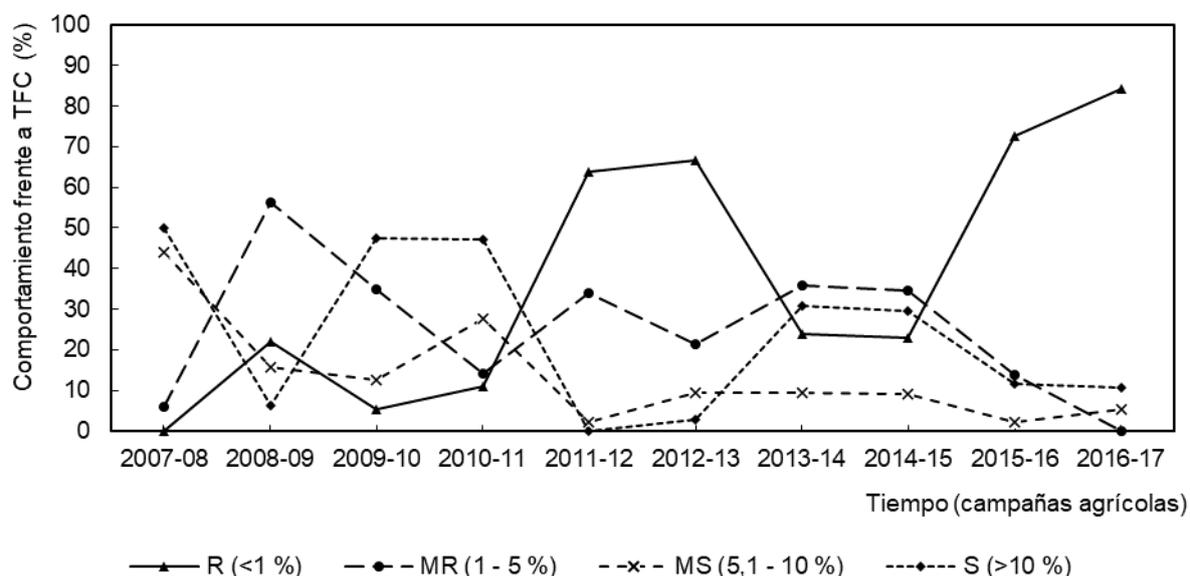
de las empresas. En las campañas 2015-16 y 2016-17, más del 70 % de los híbridos mostraron comportamiento resistente (Tabla 2 y Figura 4).

**Tabla 2.**

*Comportamiento sanitario de los híbridos de maíz frente al tizón foliar común, causado por *Exserohilum turcicum*. Porcentaje (%) de híbridos según reacción resistente (R), moderadamente resistente (MR), susceptible (S) y moderadamente susceptible (MS), en la región centro norte de Córdoba, entre 2007-08 y 2016-17.*

Campaña	Reacción a tizón foliar común			
	R	MR	MS	S
	(SF <1 %)	(SF 1 - 5 %)	(SF 5,1 - 10 %)	(SF >10 %)
2007-08	0	6	44	50
2008-09	22	56	16	6
2009-10	5	35	13	47
2010-11	11	14	28	47
2011-12	64	34	2	0
2012-13	67	21	9	3
2013-14	24	36	9	31
2014-15	23	34	9	30
2015-16	73	14	2	12
2016-17	84	0	5	11

SF: severidad final



**Figura 4.** Distribución porcentual de híbridos de maíz con reacción resistente (R), moderadamente resistente (MR), susceptible (S) y moderadamente susceptible (MS) frente al tizón foliar común, causado por *Exserohilum turcicum*, en ensayos comparativos de rendimiento en la región centro norte de Córdoba, entre 2007-08 y 2016-17.

El análisis de varianza mostró que la variable Genética (reacción del hospedante frente al TFC) aportó el 58,8 % de la variabilidad en la severidad final registrada, siendo la de mayor peso. La variable fecha de siembra explicó el 7,5 %, mientras que variable fase del fenómeno ENSO explicó

el 1,6 %. Las variables densidad de siembra y cultivo antecesor, no fueron estadísticamente significativas (Tabla 3). En particular, la densidad evaluada presentó un rango estrecho (48 000 / 83 000 plantas ha<sup>-1</sup>), con más del 50% de los ensayos entre 57 000 / 61 000 plantas ha<sup>-1</sup>, lo que pudo limitar la detección de efectos. En cuanto al cultivo antecesor, el 90,7 % de los ensayos se realizaron sobre soja, sin suficiente representación de otros cultivos.

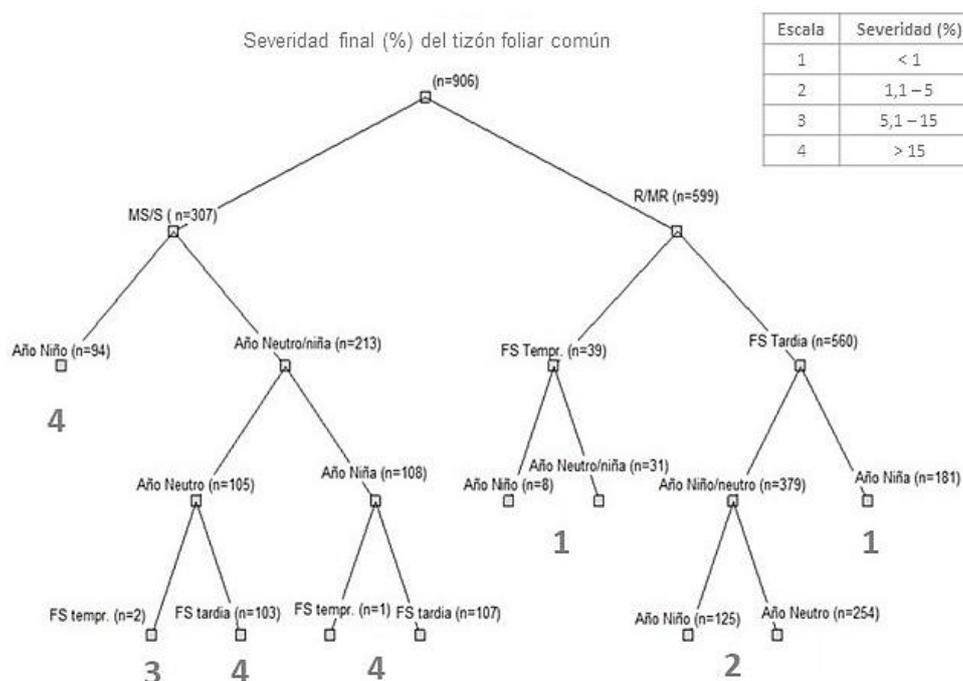
**Tabla 3.**

*Análisis de la varianza para variables de manejo agronómico relacionadas al desarrollo del tizón foliar común del maíz (TFC) causado por *Exserohilum turcicum*, y su contribución a la variabilidad según árbol de clasificación de regresiones.*

Variable	Medias	E.E.	p-valor	Aporte a la variabilidad (%)
<b>Genética TFC</b>				
S (n= 199)	21,34	a ± 0,64	<0,0001	58,8
MS (n= 108)	7,38	b ± 0,72		
MR (n= 248)	3,20	c ± 0,47		
R (n= 352)	-0,04	d ± 0,48		
<b>Fecha de siembra</b>				
>20/12 (n= 199)	7,55	a ± 0,42	<0,0001	7,5
<20/12 (n= 199)	3,12	b ± 0,94		
<b>ENSO</b>				
Neutro (n= 390)	8,16	a ± 0,44	<0,0001	1,6
Niño (n= 228)	5,27	b ± 0,52		
Niña (n= 289)	4,78	b ± 0,56		
<b>Densidad</b>				
Alta (n= 48)	1,12	a ± 1,67	0,1161	0,1
Media (n= 478)	6,49	b ± 0,53		
Baja (n= 381)	7,94	b ± 0,59		
<b>Cultivo antecesor</b>				
Maíz (n= 5)	0,11	a ± 5,20	0,5699	0,0
Soja (n= 880)	6,71	b ± 0,39		
Trigo (n= 5)	12,6	b ± 2,48		
Error			31,9	

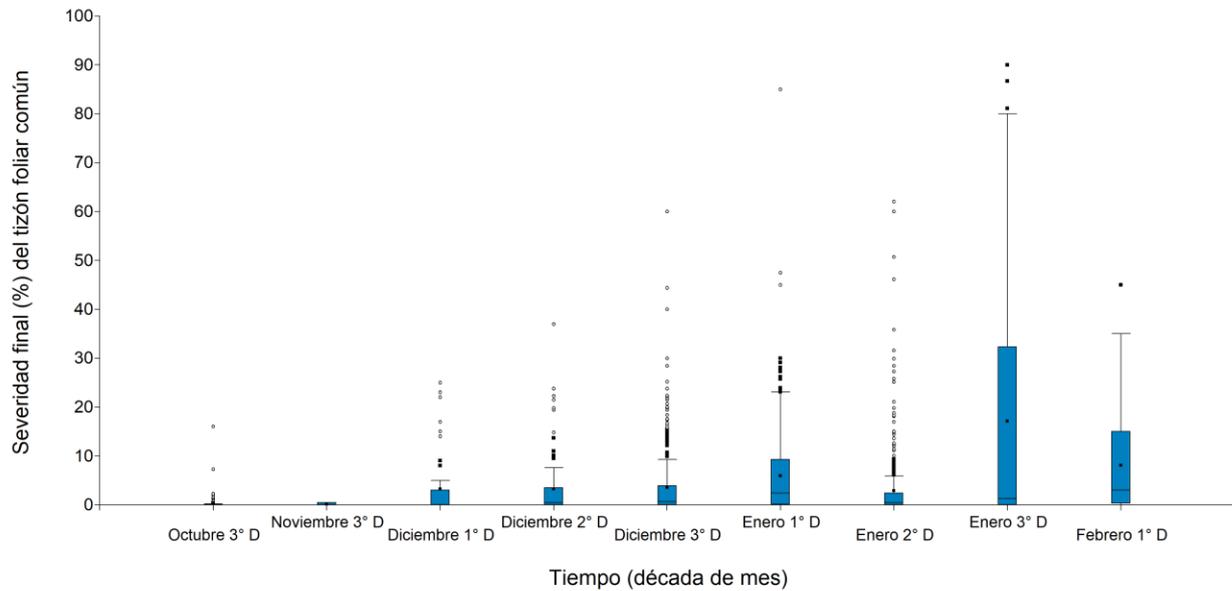
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), test DGC.

El modelo de riesgo (Figura 5) de desarrollo del TFC, mostró que los valores más altos de severidad (grados 3 y 4) ocurrieron en híbridos MS y S, especialmente en siembras tardías, donde siempre se alcanzó el grado 4. En contraste, los híbridos MR o R, sólo registraron grados bajos (entre 1 y 2), aunque dentro de estos, las siembras tardías también implicaron una mayor severidad dentro del subgrupo. En genotipos MS y S, el efecto del ENSO fue el segundo factor en importancia, con años La Niña o Neutros asociándose a altas severidades. En cambio, para genotipos MR y R, la fecha de siembra fue la principal determinante de la severidad final.

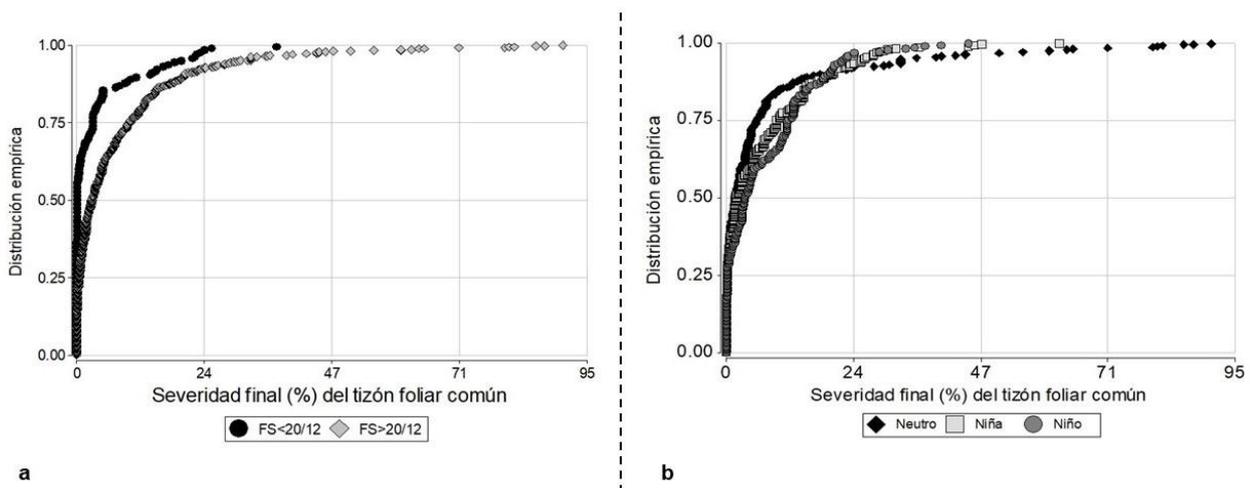


**Figura 5.** Árbol de clasificación de variables de manejo agronómico para grados de severidad final de tizón foliar común, causado por *Exserohilum turcicum*, para el centro norte de Córdoba. Severidad (%) en el estado fenológico de grano pastoso (R4), utilizada como variable respuesta y categorizada en grados: 1) severidades menores al 1 %, 2) severidades entre 1,1 y 5 %, 3) severidades entre 5,1 y 15 % y 4) severidades mayores al 15 %. Variable Genética: R = resistente, MR = moderadamente resistente, S = susceptible y MS = moderadamente susceptible. Variable Fase ENSO: año Niño, Niña y Neutro. Variable fecha de siembra: FS temprana (<20/12) y FS tardía (>20/12).

Se evidenció una relación directa entre la tardanza en la fecha de siembra y la mayor severidad final del TFC. Las mayores severidades se registraron en siembras realizadas en la tercera década de enero. En el mismo sentido, existen mayores posibilidades de registrar severidades más altas en todas aquellas fechas de siembras posteriores a la tercera década del mes de noviembre. Las siembras posteriores al 20 de noviembre presentaron una probabilidad de 0,27 de alcanzar severidades superiores al 7 % (consideradas altas), mientras que en siembras anteriores a esa fecha la probabilidad fue de solo 0,15. Es decir, el adelanto de la siembra disminuye el riesgo de severidades elevadas (Figuras 6 y 7).



**Figura 6.** Severidades finales de tizón foliar común, causado por *Exserohilum turcicum*, en 86 ensayos de maíz, distribuidos en el tiempo (década del mes de siembra), durante las campañas 2007-08 a 2016-17, en el centro norte de Córdoba.



**Figura 7.** Distribución empírica de las severidades finales registradas en tizón foliar común del maíz (*Exserohilum turcicum*) para el centro norte de Córdoba: a) diferenciado por fecha de siembra (FS) = antes (círculos oscuros) y después del 20/12 (diamantes claros); b) diferenciado por fase El Niño Oscilación del Sur (ENSO): neutro (diamantes negros), Niña (cuadrados claros) y Niño (círculos claros), en las campañas 2007-08 a 2016-07.

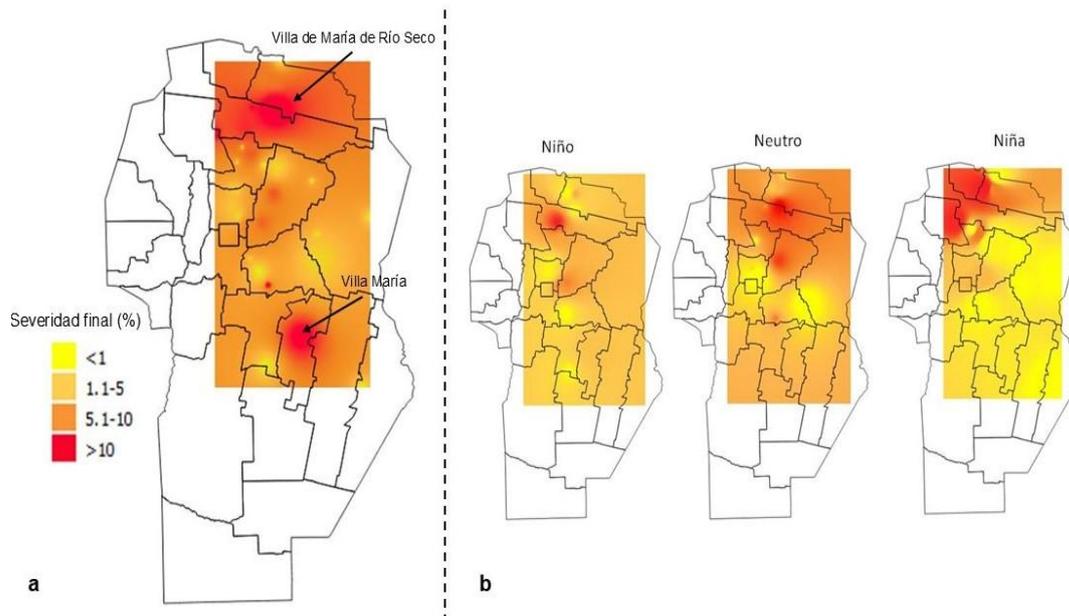
En concordancia con estos hallazgos, Parisi et al. (2014) reportaron mayor impacto del TFC en siembras de diciembre en el norte de Buenos Aires, con severidades de hasta 30 % en ciertos híbridos. En el centro de Santa Fe, la enfermedad fue la más prevalente, con un 90 % de lotes afectados en siembras tardías y una severidad promedio del 35 %, con máximos de 60 %. Formento (2018) reafirma que el TFC se vuelve relevante en siembras de diciembre y enero, particularmente en presencia de rastrojos en superficie. También lo hace con frecuentes e intensas precipitaciones durante los meses estivales como ocurrió en el período octubre 2009 - febrero

2010 con 1188 mm en Paraná y en diversas regiones del país, como en el Centro norte de Córdoba (Formento, 2010).

En Argentina, particularmente en ambientes templados y con régimen monzónico (con precipitaciones concentradas en el verano) como los de la Pampa subhúmeda y en ambientes subtropicales como noroeste (NOA) y noreste (NEA), la práctica de postergar la siembra del maíz hacia inicios o mediados de verano ha alcanzado proporciones importantes durante la última década (Vega et al., 2017). En los últimos años, causas ambientales, productivas y económicas condujeron a un incremento de la siembra tardía de maíz. Es así que a partir del ciclo 2013-14 a nivel nacional, en porcentaje de hectáreas sembradas, se siembran más hectáreas entre los meses de diciembre y enero que en los meses de siembra típica temprana como lo son septiembre y octubre (PAS, 2019).

La buena disponibilidad hídrica próxima a la etapa de la floración, es el principal factor que explica la mayor estabilidad del rendimiento a través de los años en los maíces tardíos en secano (Florio et al., 2014; Mercáu & Otegui, 2014). Sin embargo, esta práctica modifica el ambiente en el que se desarrolla el cultivo: el período crítico (PC) se sitúa en momentos del año con mayor probabilidad de precipitaciones, temperaturas más moderadas, menor potencial de rendimiento, y mayor presión de plagas y enfermedades. Por ello, la selección de híbridos para siembras tardías debe considerar no solo el potencial de rendimiento, sino también la incorporación de eventos biotecnológicos para el control de insectos y un perfil sanitario robusto, especialmente frente al tizón foliar común (TFC) (Ferraguti, 2014).

En el centro-norte de Córdoba, el sistema CREA Región Norte de Córdoba y la Bolsa de Cereales de Córdoba reportan una superficie anual promedio de aproximadamente 650 mil hectáreas destinadas a maíz. Desde el ciclo 2006-07, entre el 80 y 90 % de esta superficie se siembra en fechas tardías, principalmente entre el 15 de diciembre y el 15 de enero. En muchos establecimientos de la región, el maíz es el cultivo principal, representando más del 50 % de la rotación. En consecuencia, es frecuente el monocultivo, con siembras de maíz sobre rastrojo del mismo cultivo. Este sistema productivo se caracteriza por el uso de siembra directa, baja diversidad genética adaptada a la región, escasa fertilización y limitada adopción de prácticas de monitoreo. La combinación de monocultivo, presencia continua de rastrojo y siembras tardías genera un escenario altamente favorable para el desarrollo del TFC en la región centro-norte de Córdoba.



**Figura 8.** Distribución de las severidades finales registradas del tizón foliar común del maíz, causado por *Exserohilum turcicum*, en el centro norte de Córdoba: a) durante diez campañas agrícolas (2007-08 a 2016-17) y b) discriminado por fase fenómeno El Niño Oscilación del Sur (Neutro, Niña y Niño).

Durante el período evaluado, las severidades finales de TFC fueron mayores en las zonas cercanas a Villa María y Villa de María del Río Seco, con promedios superiores al 10 % y máximos del 45 % y 62 %, respectivamente (Figura 8a).

Al desagregar los datos según las fases del fenómeno ENSO, se observaron mayores severidades en los años Neutro y Niña, con diferencias marcadas respecto de los años Niño. En la zona norte (Villa de María del Río Seco), el impacto del ENSO fue menos evidente, ya que se registraron altas severidades en las tres fases, sin una clara diferenciación. En contraste, en Villa María las mayores severidades (>60 %) se concentraron en años Neutro. En términos generales, los años Neutro presentaron mayor probabilidad de severidades elevadas, seguidos por los años Niña y, en menor medida, por los años Niño. Las diferencias entre fases fueron más evidentes en los valores intermedios de severidad (5-10 %), y se atenuaron tanto en las clases más bajas (<5 %) como en las más altas (>10 %) (Figuras 7 y 8b).

A diferencia de zonas templadas como el sur de Santa Fe o el norte de Buenos Aires, donde predominan siembras tempranas y los períodos críticos del cultivo coinciden con condiciones climáticas menos favorables para el desarrollo del patógeno, en el centro-norte de Córdoba el predominio de siembras tardías expone al cultivo a un ambiente más favorable para el establecimiento del TFC. Esto se traduce en niveles más frecuentes y altos de severidad, con mayor impacto potencial sobre el rendimiento.

En regiones típicamente productoras de maíz de EE. UU. como el "Corn Belt", donde el TFC también representa un problema relevante, se ha demostrado que la rotación de cultivos, el uso de híbridos con buena resistencia, y la aplicación oportuna de fungicidas son estrategias eficaces para mitigar

el avance de la enfermedad (Robertson et al., 2009; Wise & Mueller, 2011). Estas prácticas, sin embargo, presentan una adopción variable en la región centro-norte de Córdoba.

Nuestros resultados coinciden con los hallazgos de Mirsam et al. (2024), quienes demostraron que la severidad del TFC y la tasa de infección están fuertemente influenciadas por la resistencia del híbrido y las condiciones climáticas, especialmente la humedad relativa, la temperatura y la precipitación. En este contexto, la incorporación de modelos epidemiológicos predictivos y herramientas de soporte a la decisión basadas en datos meteorológicos, como los desarrollados por Peddicord et al. (2025), podría representar una oportunidad para mejorar la eficiencia en el momento de aplicación de fungicidas en la región, particularmente en cultivo de maíz tardíos donde las condiciones para el desarrollo de la enfermedad son más favorables.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el sistema productivo predominante en el centro-norte de Córdoba, caracterizado por la siembra directa, el uso recurrente de fechas tardías y la alta frecuencia de monocultivo, genera condiciones altamente favorables para el desarrollo y permanencia del TFC en los lotes, especialmente en años Neutros y Niña. Estas prácticas, combinadas con una baja diversidad de híbridos sembrados y limitada aplicación de estrategias de manejo integrado, contribuyen a la presión de inóculo y a la aparición de epidemias severas. Por lo tanto, es recomendable diversificar fechas de siembra, rotar cultivos, seleccionar híbridos con mejor comportamiento sanitario, realizar monitoreos sistemáticos, utilizar fungicidas foliares de ser necesario, y seguir generando información regionalizada.

## CONCLUSIONES

El tizón foliar común del maíz presenta una amplia distribución en la región centro-norte de Córdoba, con ocurrencia constante en todas las campañas agrícolas analizadas. La severidad de la enfermedad se ve fuertemente influenciada por la susceptibilidad genética de los híbridos, las fechas de siembra adoptadas y las condiciones ambientales predisponentes.

La recopilación sistemática de datos y su estructuración en bases epidemiológicas regionales constituye una herramienta clave para comprender la dinámica del TFC y desarrollar estrategias de manejo ajustadas al contexto productivo local.

La caracterización espacial y temporal del TFC en la región centro-norte de Córdoba, junto con la identificación de híbridos susceptibles y variables agronómicas y ambientales asociadas a su desarrollo, permite una mejor comprensión del patosistema *Exserohilum turcicum*– *Zea mays*. Este conocimiento es esencial para diseñar herramientas de manejo integrado sostenibles, adaptadas al agroecosistema regional.

## FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo esta investigación.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún tipo de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: De Rossi R. L. y Erlei M. R.

Análisis formal: De Rossi R. L. y Erlei M. R.

Investigación: Todos los autores

Metodología: De Rossi R. L. y Erlei M. R.

Administración de proyecto: De Rossi R. L. y Erlei M. R.

Supervisión: Guerra, G. D. y Erlei. M. R.

Validación: Guerra, G. D. y Erlei M. R.

Visualización: De Rossi R. L y Erlei M. R.

Redacción - borrador original: De Rossi R. L y Erlei M. R.

Redacción - revisión y edición: Todos los autores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BCR - Bolsa de Comercio de Rosario. (2020). *Especial Campaña de Maíz 2019/20*. AÑO XXXVII. N° Edición 1946. Informativo semanal. Mercados. ISSN: 2796-7824. <https://www.bcr.com.ar/mercados/informativo-semanal/especial-campana-de-maiz-201920>
- Bleicher, J. (1988). *Níveis de resistência a Helminthosporium turcicum Pass. em três ciclos de seleção em milho pipoca (Zea mays L.)*. [Tesis doctoral, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo].
- Carson, M.L. (1995). Inheritance of latent period length in maize infected with *Exserohilum turcicum*. *Plant Disease*, 79, 581-585. <https://doi.org/10.1094/PD-79-0581>
- Couretot, L.; Ferraris, G.; Mousegne, F.; López de Sabando, M.; Magnone, G. & Rosanigo, H. (2010). Comportamiento sanitario de híbridos de maíz en la zona norte de la provincia de Buenos Aires. En *IX Congreso Nacional de Maíz*. (pp.194-195). Rosario. Argentina.
- Couretot, L.; Parisi, L.; Magnone, G.; De Rossi, R. L.; Guerra, F. A.; Vuletic, E.; Plazas, M. C.; Brücher, E. & Guerra, G. D. (2016). Enfermedades del maíz en las últimas cinco campañas. *INTA Ediciones. Maíz. Informe de Actualización Técnica en línea n° 5*. INTA EEA Marcos Juárez. ISSN: 2469-2040.
- De Rossi R.L. & Couretot, L. (2013). Resumen del I° Taller de Sanidad en Maíz. Universidad Católica de Córdoba.
- De Rossi, R. L.; Guerra, F. A.; Plazas, M. C.; Vuletic, E.; Brucher, E.; Guerra, G. D. & Reis, E. M. (2022). Crop damage, economic losses, and the economic damage threshold for northern corn leaf blight. *Crop Protection*, 154, 105901. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105901>
- 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.; Barontin, J.; Ferrer, M.; Lucini, E. & Laguna, I.G. (2017). Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por hongos. En *Libro resúmenes del I° Congreso de Maíz Tardío*. Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-98384-3-3.

- Di Rienzo, J.A.; Balzarini, M.; Casanoves, F.; Gonzalez, L.; Tablada, M. & Robledo, C.W. (2010). *InfoStat, software estadístico*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ferraguti, F. (2014). Maíz en fechas tardías: una alternativa que llegó para quedarse. *Jornada de Maíz tardío*. INTA-EEA Oliveros. <http://inta.gov.ar/documentos/maiz-en-fechas-tardias-una-alternativa-quellego-para-quedarse-1/>
- Florio, E.L.; Mercau, J.L.; Jobbágy, E.G. & Noretto, M.D. (2014). Interactive effects of watertable depth, rainfall variation, and sowing date on maize production in the Western Pampas. *Agricultural Water Management*, 146: 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.022>
- Formento, A. N. (2010). Enfermedades foliares reemergentes del cultivo de maíz: Royas (*Puccinia sorghi* y *Puccinia polysora*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*) y Mancha ocular (*Kabatiella zea*). INTA, EEA Paraná, Entre Ríos. *INTA publicaciones, Actualización Técnica n° 2: Maíz, Girasol y Sorgo*, p. 89-100.
- Formento, A.N. (2018). *Identificación morfológica y molecular de los hongos Kabatiella zea y Exserohilum turcicum, patógenos de maíz (Zea mays). Caracterización de las estrategias patogénicas y de sobrevivencia como un aporte al conocimiento de sus ciclos biológicos*. [Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina].
- Guerra, G.D. & De Rossi, R.L. (2010). Panorama sanitario del cultivo de maíz en la región centro norte de Córdoba. En *Jornada de Actualización Técnica de Cultivos de Verano* (pp.34-36). CREA.
- IDECOR. (2021). *Informe Área sembrada, rindes y producción de soja y maíz, campaña 2020/21, de la provincia de Córdoba*. Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- IDIA. (1966). *Informe de Investigación Agrícola*. INTA, Buenos Aires, 222,26. En: Fernández Valiela, M.V. *Introducción a la Fitopatología*. Buenos Aires: Gadala, 1969.
- Kranz, J. (1990). *Epidemics of plant diseases: mathematical analysis and modelling*. (Vol.2). Springer-Verlag.
- Mercau, J.L. & Otegui, M.E. (2014). A modeling approach to explore water management strategies for late-sown maize and double-cropped wheat–maize in the rainfed Pampas region of Argentina. En *Practical Applications of Agricultural System Models to Optimize the Use of Limited Water* (pp. 351-374). American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science Society of America, Inc.
- Mirsam, H., Suriani, S., Kurniawati, S., Azrai, M., Aqil, M., Makkulawu, A. T., Iriany, R. N., Nugraha, Y., & Anshori, M. F. (2025). Assessment of hybrid corn genotypes in the suppression of turcicum leaf blight disease progression in corn under preventive-based protection. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 85(1), Article 112. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392025000100112>
- Mora-Aguilera, G., Gutiérrez, E. M.A., & Téliz, D. (1998). *Recursos agrícolas del trópico y subtrópico mexicano*. INEGI-CP. pp.174.

- Mora-Aguilera, G.; Rivas, V.P.; Góngora, C.C.; Tovar, S.A.; Cristóbal, A.J.; Loeza, K.E.; Michereff, J.S.; Marinelli, A. & Osada, V.K. (2000). Sistemas computarizados en la epidemiología: 2-Log ver. 1.0 y su aplicación en el diseño de escalas diagramáticas logarítmicas. En *XXIX Simposio Nacional de Parasitología Agrícola*. Puerto Vallarta, México.
- Munkvold, G. & White, D. G. (2016). *Compendium of Corn Diseases*. (4<sup>th</sup> ed.). APS Press. St. Paul, Minnesota, USA. 165p.
- Nutter Jr., F. W. & Worawitlikit, O. (1989). Disease Pro: a computer program for evaluating and improving a person's ability to assess disease proportion. *Phytopatology*, 79: 1135 (Abstract). <https://doi.org/10.31274/icm-180809-399>
- Parisi, L.; Couretot, L.; Sillon, M.; Magliano, F. & Villar, J. (2014). Panorama sanitario del cultivo de maíz en norte de Buenos Aires y centro de Santa Fe, ciclo de cultivo 2012/2013. En *Libro de Resúmenes del 3º Congreso Argentino de Fitopatología*. (p.403). Tucumán, Argentina.
- PAS. (2019). *Panorama Agrícola Semanal. Informe Cierre de Campaña, Maíz 2018-19*. Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Departamento de Estimaciones Agrícolas.
- Pataky, J.K. (1992). Relationships between the yield of sweet corn and northern leaf blight caused by *Exserohilum turcicum*. *Phytopathology*, 82:370-375. <https://doi.org/10.1094/Phyto-82-370>
- Peddicord, L.; Xavier, A.; Cryer, S.; Barr, J. & Heijden, G.v.d. (2025). Scalable prediction of Northern Corn Leaf Blight and Gray Leaf Spot Diseases to predict fungicide spray timing in corn. *Agronomy*, 15, 328. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020328>
- Pinto, N.F.J. de A. (1997). Eficiencia de fungicidas no controle de doenças foliares de milho. *Summa Phytopathologica*, 23(3): 271-274.
- QGIS Development Team. (2018). *QGIS Geographic Information System*. Open-Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>
- Ramathani, I.; Biruma, M.; Martin, T.; Dixelius, C. & Okori, P. (2011). Disease severity, incidence and races of *Setosphaeria turcica* on sorghum in Uganda. *European Journal of Plant Pathology*, 131: 383–392. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9815-1>
- Raymundo, A.D. & Hooker, A.L. (1981). Measuring the relationship between northern corn blight and yield losses. *Plant Disease*, 65(4), 325-327.
- Rashid, Z., Sofi, M., Harlapur, S. I., Kachapur, R. M., Dar, Z. A., Singh, P. K., Zaidi, P. H., Vivek, B. S., & Nair, S. K. (2020). Genome-wide association studies in tropical maize germplasm reveal novel and known genomic regions for resistance to northern corn leaf blight. *Scientific Reports*, 10, 21949. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78928-5>
- Reis, E.M. & Casa, R.T. (1996). *Manual de identificação e de controle de doenças do milho*. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte Editora. 80 p.
- Ritchie, S.W. & Hanway, J.J. (1982). *How a corn plant develops?* (Special Report N° 48). Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service.

- Robertson, A. E., Munkvold, G. P., & Esker, P. D. (2009). Effect of maize hybrid and foliar fungicides on yield under low foliar disease severity conditions. *Phytopathology*, 99(7), 681–689. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-7-0681>
- Teysandier, E. (2005). Como predecir y controlar la ocurrencia de enfermedades limitantes de la producción de maíz. Conferencias. En *VIII Congreso Nacional de Maíz*. (p. 448- 450). Rosario, Santa Fe.
- Tomerlin, J.R. & Howell, T.A. (1988). DISTRAIN: a computer program for training people to estimate disease severity on cereal leaves. *Plant Disease*, 72(5), 455-459.
- Vale, R. F.X.; Cintra de Jesus, W.; Zambolin, L. (2004). Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas. En *Doenças de Plantas Tropicais* (pp. 243–270). Belo Horizonte, Brasil: Editora Perfil. ISBN: 85-89800-02-4.
- Vega, C.; Santillan Hatala, C.; Razquin, C. & Ogando, F. (2017). Marco conceptual para la interpretación fisiológica de respuesta del maíz a la fecha de la siembra. En Borrás, L., & Uhart, R. (Eds.), *El mismo maíz, un nuevo desafío: Compendio Primer Congreso de Maíz Tardío* (1.ª ed.). San Isidro, Argentina: Dow Agrosiences. ISBN 978-987-98384-3-3.
- Wise, K. A., & Mueller, D. S. (2011). Are fungicides no longer just for fungi? An analysis of foliar fungicide use in corn. *Plant Health Progress*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.1094/PHP-2011-0630-01-RV>
- Xiong, J. (2009). *Essential bioinformatics: introduction and biological databases*. Cambridge, UJ: Cambridge University Press, USA.