



Distribución regional y nivel de enfermedades fúngicas en maíces tardíos y su relación con variables agroclimáticas en el centro-norte de Córdoba, Argentina.

Erreguerena IA¹, Rodriguez AV¹, Cordes GG¹, Cordes DD⁴, Candela R⁴, Cavatelli M¹⁰, Centeno A⁹, Druetta R², Guendulain AE¹¹, Molina J⁶, Molino J⁵, Monetti M³, Moretto M¹⁰, Suárez F, Triadani CO⁸, Yanacón E⁷, Capuccino V⁵, Ferreyra ML¹ y Salinas AI¹.

EEA Manfredi¹ y AERs Brinkmann², Gral. Cabrera³, Jesús María⁴, Oncativo⁵, Rio Primero⁶, Rio Tercero⁷, Río Seco⁸, San Francisco⁹, Villa María¹⁰, Ucacha¹¹.

INTRODUCCIÓN

Las siembras de maíces tardíos y de segunda han aumentado notablemente en las últimas campañas. Los maíces tardíos se definen como aquellos que se siembran después de un barbecho largo, mientras que los de segunda son los que se siembran después de un cultivo de invierno (Papucci *et al.*, 2016). Aproximadamente el 50% de las hectáreas sembradas de maíz en Argentina cada año son implantadas de forma tardía (Bolsa de Cereales de Buenos Aires). En el caso de la región centro-norte de Córdoba, las fechas de siembras de los maíces tardíos se concentran alrededor de fines de diciembre hasta mediados de enero. El incremento del área sembrada con este tipo de cultivo está asociado a la introducción, disponibilidad e implementación de tecnología transgénica (BT y RR2, alta tolerancia a stress abiótico y a enfermedades de origen fúngico), bajo riesgo de heladas y a una mayor disponibilidad hídrica. A pesar de poseer un menor potencial de rendimiento que maíces de siembras más tempranas, con los maíces tardíos se logra una mayor y marcada estabilidad en el tiempo (Otegui y col., 2002).

Las condiciones climáticas que atraviesan los maíces tardíos durante su desarrollo además de incidir directamente sobre la fisiología del cultivo también tendrían alto impacto sobre el desarrollo de patógenos fúngicos que afectan al cultivo. Las lluvias concentradas en el periodo crítico y las altas temperaturas pueden favorecer o inhibir el desarrollo y por lo tanto la prevalencia de las diversas enfermedades que atacan al cultivo.

El objetivo de este trabajo fue el de evaluar la prevalencia y niveles de enfermedades provocadas por hongos en maíces tardíos en diversas subregiones del centro-norte de la provincia de Córdoba y su asociación con variables agroclimáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron la incidencia y severidad de enfermedades en ensayos comparativos de rendimiento con doce a trece híbridos con dos repeticiones de maíz implantados en ocho localidades del centro y norte de Córdoba (Figura 1).

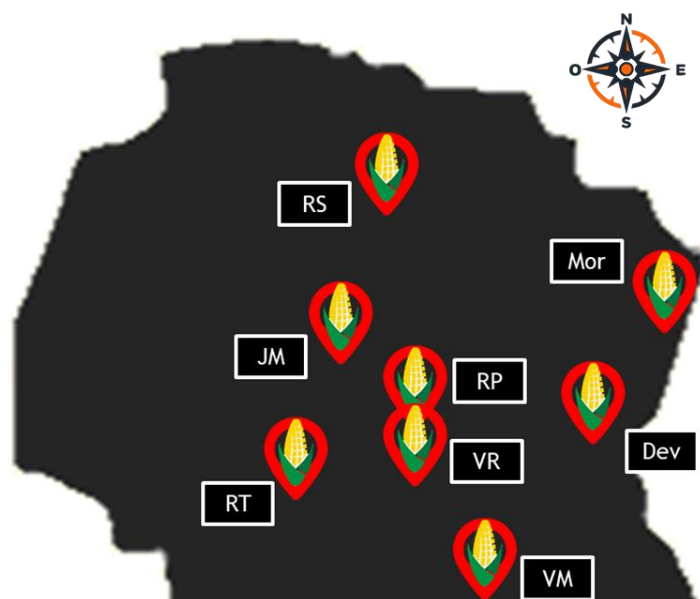


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades/zonas evaluadas. Dev: Devoto, JM: Jesús María, Mor: Morteros, RP: Río Primero, RS: Río Seco, RT: Río Tercero, VR: Villa del Rosario y VM: Villa María.

Las fechas de siembra fueron desde fines de diciembre a principios de enero con no más de diez días de diferencia entre localidades. Alrededor del estadio reproductivo R2 se evaluaron veinte plantas en el estrato de hoja de inserción de la espiga (He) y en las hojas

He+1 y He-1 (inmediatamente superior e inferior respectivamente). La incidencia se calculó como el n° de hojas enfermas/n° total de hojas evaluadas*100 y para la severidad se utilizaron las escalas según enfermedad observada. Para roya común (RC, *Puccinia sorghii*) y/o Roya polysora (RP, *Puccinia polysora*) se utilizó la escala de Peterson *et al.*, (1948), para tizón del maíz (TM, *Exserohilum turcicum*) y Mancha gris (CER, *Cercospora zea-maydis*) la de Vieira *et al.*, (2014) y Carmona *et al.*, (2014). En el caso de enfermedades de espiga como el carbón común (CC, *Ustilago maydis*) o pudrición blanca (PB, *Stenocarpella maydis*) se evaluó solo la incidencia. Para mancha blanca (MB, *Phoma maydis*) solo se registró presencia o ausencia. La prevalencia de las enfermedades se determinó en dos escalas: prevalencia regional (PR, presencia de enfermedad por localidad / n° de localidades*100) y local (PL, presencia de enfermedad por híbrido / n° de híbridos*100). La identificación y confirmación de los agentes causales de las sintomatologías y signos observados en campo fue corroborada en laboratorio por medio de métodos tradicionales basados en el reconocimiento visual en microscopio óptico (Zeiss®), registro fotográfico (Cámara digital Zeiss® AxioCam Mod. ERc) y medición (Zen® software) de las estructuras observadas e identificación (Barnett *et al.*, 2006). Para el análisis de la información se ajustó un modelo de análisis de la varianza para cada variable respuesta (incidencia, severidad y/o prevalencia) con un diseño factorial con las repeticiones anidadas dentro de cada localidad para todas las enfermedades observadas. Esto se realizó con el programa Infogen® (Balzarini y Di Rienzo, 2004).

Para analizar y relacionar los niveles de enfermedades observadas con las variables agroclimáticas desde la siembra hasta el día de evaluación (diciembre hasta marzo) se tomaron los datos de precipitaciones (mm), humedad relativa (%), temperaturas (máxima, mínima y media, C°) de las casillas meteorológicas SIGA INTA (Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica) más cercanas a cada localidad. Complementariamente se utilizó la base de datos meteorológicos Power Nasa® (Prediction Of Worldwide Energy Resources, EE. UU.), esta última validada recientemente para nuestro país (Miralles, comunicación personal). En relación con las características epidemiológicas de cada enfermedad (requerimientos de temperatura y humedad) se generaron otras variables a partir de la información meteorológica obtenida para relacionarlas con los niveles observados. Para esto, se realizaron análisis de correlación entre variables por medio del coeficiente de correlación de Pearson y de regresiones múltiples (Minitab®).

RESULTADOS

- Distribución de la prevalencia, incidencia, severidad e intensidad de enfermedades

Las enfermedades más prevalentes encontradas en la región presentes en todas las localidades evaluadas fueron la RC, el TM y el MB (PR de 100%). En la escala local la RC y el TM se observaron con mayor prevalencia promedio (100% y 89.9%, respectivamente) entre los híbridos evaluados. Luego, en menor medida, la prevalencia promedio para la MB, CER y CC fueron de 38.8%, 15.86% y 2.13%, respectivamente (Tabla 1, Figura 2).

Tabla 1. Prevalencia regional de enfermedades observadas en las localidades evaluadas en la zona centro-norte de la provincia de Córdoba.

	Mancha Blanca	Roya común	Tizón del maíz	Mancha gris	Carbón común
Prevalencia regional (%)	100	100	100	50	25
Prevalencia local (\bar{x})	38,8	100	89,9	15,86	2,13

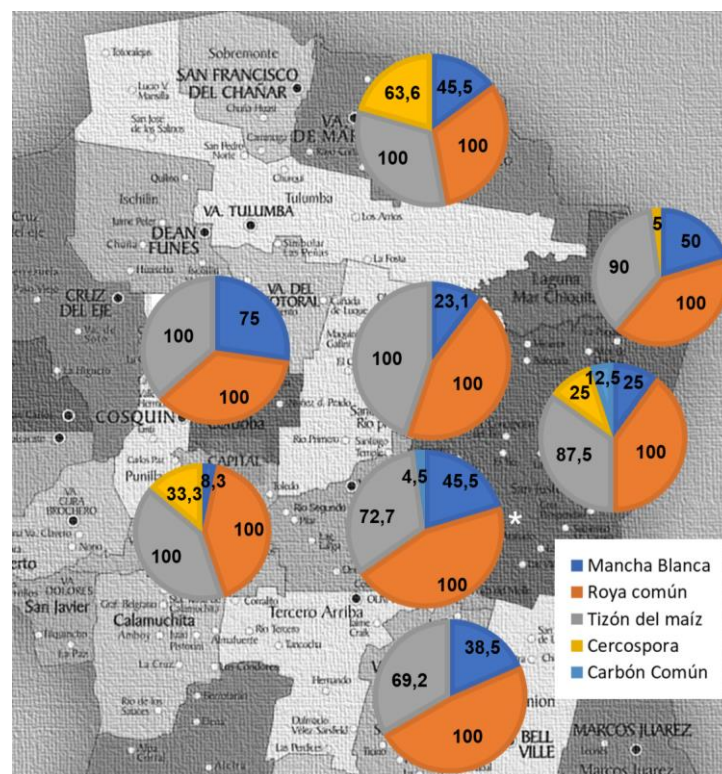
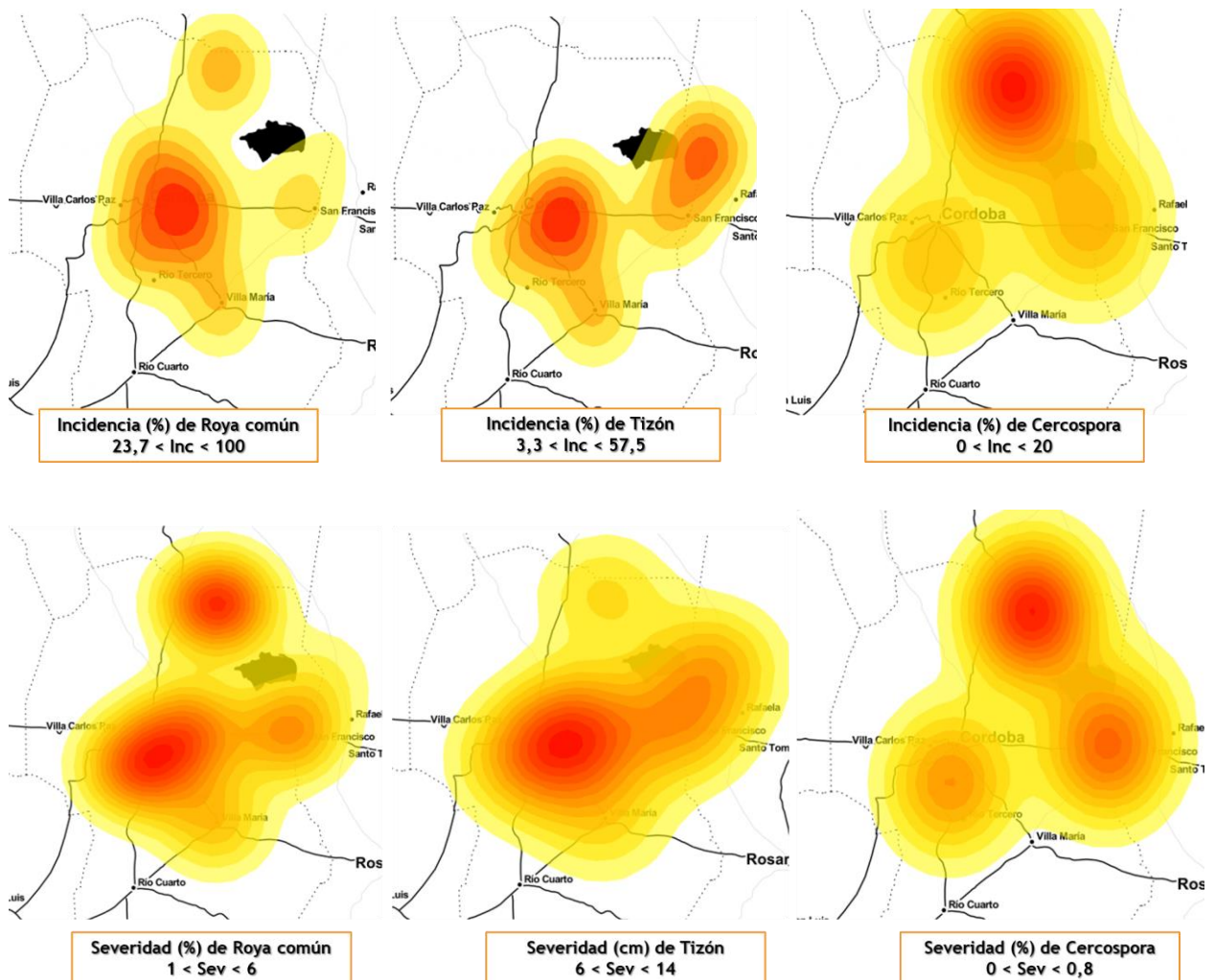


Figura 2. Mapa de prevalencia de enfermedades de maíz por localidad (Prevalencia Local) a través de los híbridos evaluados. Presencia de *Pudrición blanca por *Stenocarpella maydis*.

En general la prevalencia, incidencia, severidad e intensidad de enfermedades varió según la localidad evaluada a excepción de la RC donde no hubo diferencia en prevalencia (100%) (Figura 2).

De forma similar para la variable incidencia total por localidad, la RC se observó con valores altos (100 a 65%) excepto por la localidad más al noreste, Morteros (23,8 %). En esta última se observó la incidencia más alta de TM alcanzando casi el 60 % en comparación con otras localidades (Figura 2) ($P < 0.001$). La mancha gris fue observada con mayor incidencia y severidad en el noreste de la provincia (Figura 2 y 3). Para el caso de la severidad de RC, esta osciló entre 1 y 6 % en las diversas localidades siendo más altas en las localidades centro norte como norte de Río Tercero y Río Seco. Las mayores severidades e intensidades de TM se observaron en las localidades del centro y noreste mientras que la CER fue más severa e intensa en el norte de la provincia.



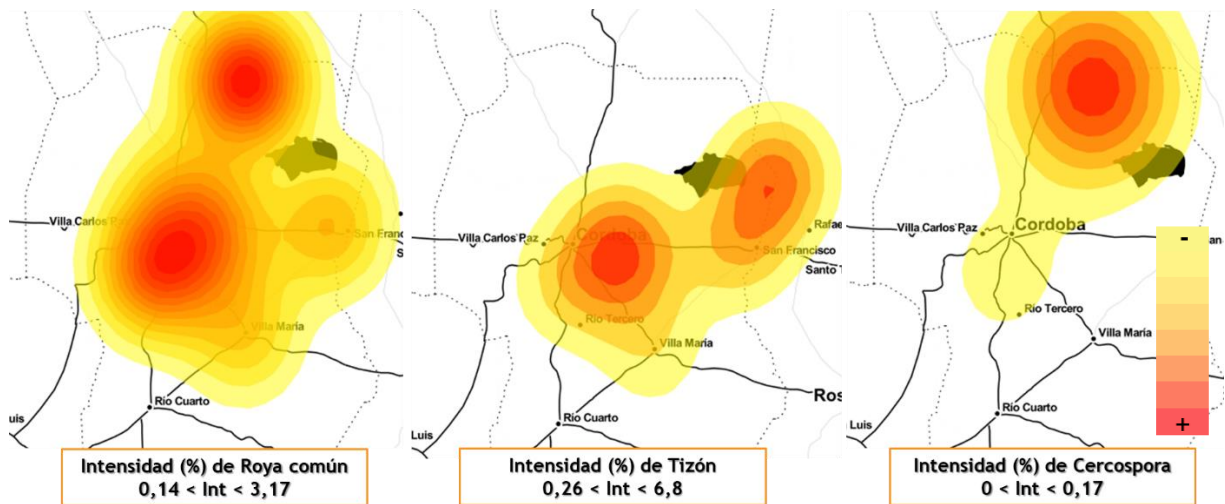


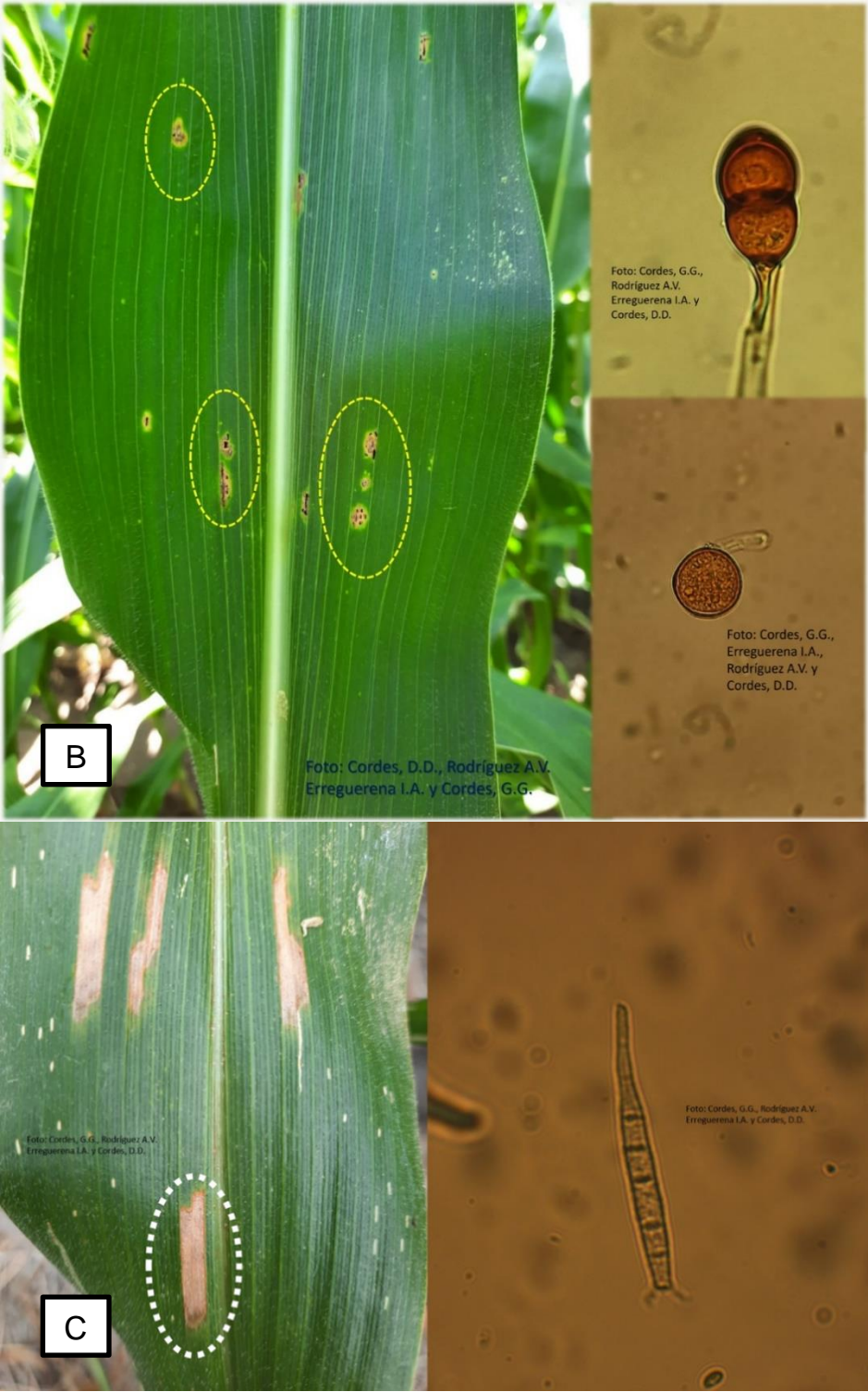
Figura 3. Mapas de calor para la distribución y niveles de incidencia, severidad e intensidad de Roya común, Tizón foliar y Mancha gris del maíz en el centro-norte de Córdoba.

- *Diagnóstico y confirmación de agentes causales de las enfermedades evaluadas*

En laboratorio bajo lupa y microscopio óptico (hasta 400X) se pudieron identificar/confirmar los agentes causales de los síntomas y signos observados en las diversas localidades.



Distribución regional y nivel de enfermedades fúngicas en maíces tardíos y su relación con variables agroclimáticas en el centro-norte de Córdoba, Argentina.



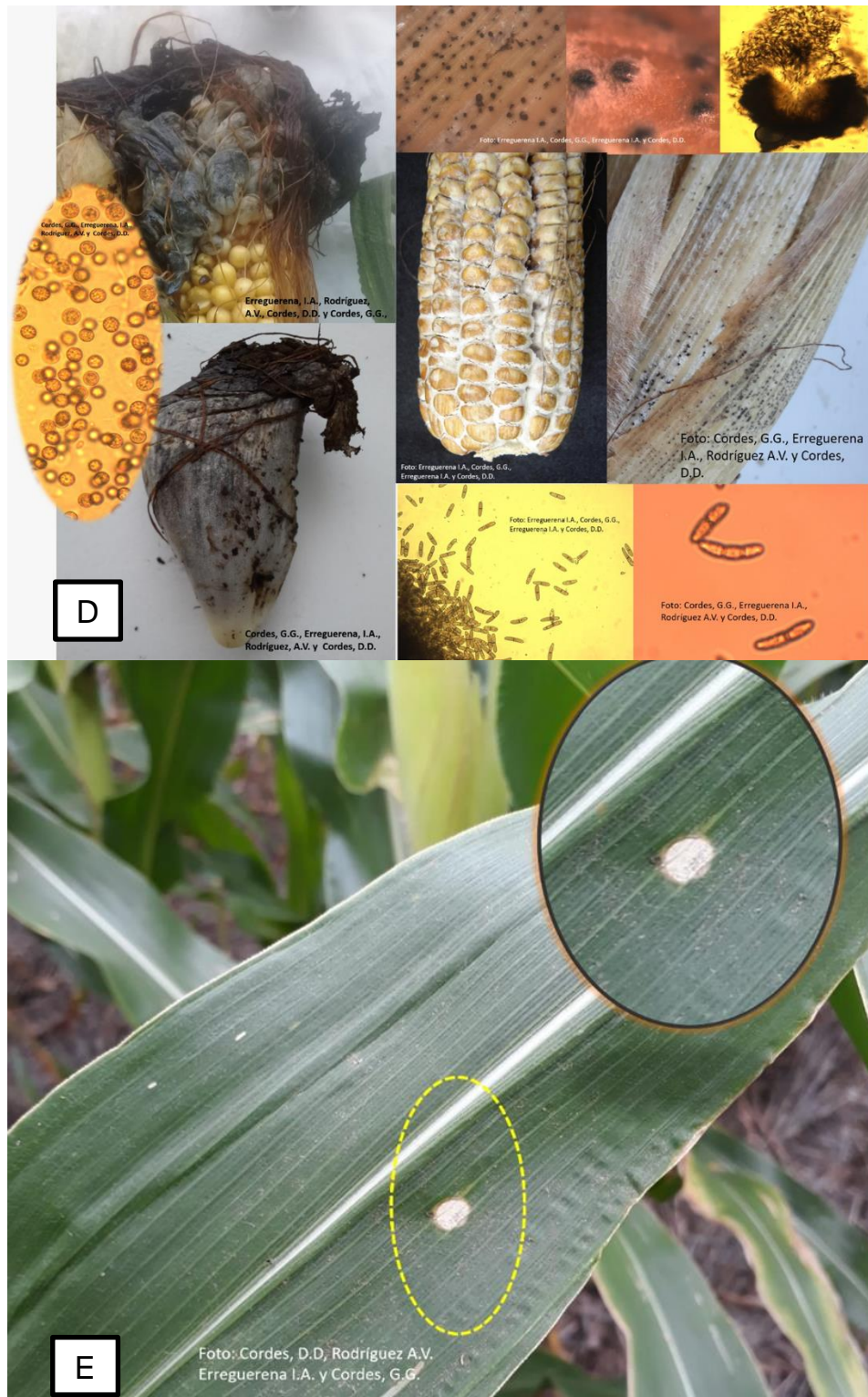


Figura 4. Síntomas y signos de los agentes causales de las enfermedades evaluadas en los diversos ensayos. A) Tizón del maíz por *Exserohilum turcicum*, B) Roya común por *Puccinia sorghi*, C) Mancha gris por *Cercospora zea-maydis*, D) Carbón común por *Ustilago maydis* (izquierda) y Pudrición Blanca por *Stenocarpella maydis* (derecha), E) Mancha blanca por *Phoma maydis*.

- *Variables agroclimáticas y a su asociación con los niveles de enfermedades en maíz*

La distribución y los niveles de las enfermedades observados en la diversas localidades evaluadas se relacionó en gran parte a las condiciones agroclimáticas atravesadas por el cultivo hasta el momento del relevamiento.

Tabla 2. Análisis de correlación de Pearson (r) entre variables agroclimáticas y niveles de enfermedad a través de todas las localidades evaluadas. Los valores corresponden a las correlaciones significativas entre las variables analizadas ($P < 0,05$). La magnitud de cada correlación fue interpretada según Taylor (1990). E: Enero, F: Febrero, pp: precipitaciones, HR: Humedad relativa (%). Graficas en anexo I.

Variables climáticas	Roya Común			Tizon común			Cercospora		
	I	S	INT	I	S	INT	I	S	INT
pp Enero (mm)	-0,88	-0,53	-0,62	0,71	-	0,74	-	-0,51	-0,54
pp Febrero (mm)	0,76	0,63	0,74	-0,69	-	-0,68	0,52	0,75	0,68
Días > 32°C Enero	-0,68	-0,7	-0,77	0,55	-	0,55	-0,49	-0,73	-0,52
Días > 32°C Febrero	-0,78	-0,58	-0,68	0,69	-	0,64	-	-0,63	-
Días > 32°C E+F	-0,76	-0,65	-0,74	0,65	-	0,62	-	-0,69	-0,51
Días con HR > 80	-0,57	-	-	-	0,72	0,63	-	-	-

Por medio del análisis de correlaciones (Tabla 2) se observó que el régimen de lluvias en los meses de enero y febrero, y los días con altas temperaturas (>32 °C) durante los mismos meses se asociaron de manera directa o inversamente proporcional con altos coeficientes de correlación determinando o afectando los niveles de las enfermedad. Las lluvias acumuladas en el mes de febrero favorecieron el desarrollo de la RC y CER ($0,52 < r < 0,76$). En el caso del TM las lluvias de enero fueron las que favorecieron su desarrollo ($r = 0,71$ promedio). Por otro lado, se observó una reducción de los niveles de RC con el aumento del número de días con temperaturas por encima de los 32 °C, probablemente por la inhibición de la germinación uredospórica. Un patrón similar se observó con la CER e inverso con el TM, donde las altas temperaturas en los meses de enero y febrero favorecieron su incidencia e intensidad. Para esta última enfermedad la variable que más se asoció con la severidad fue días de humedad relativa por encima del 80 % ($r = 0,72$).

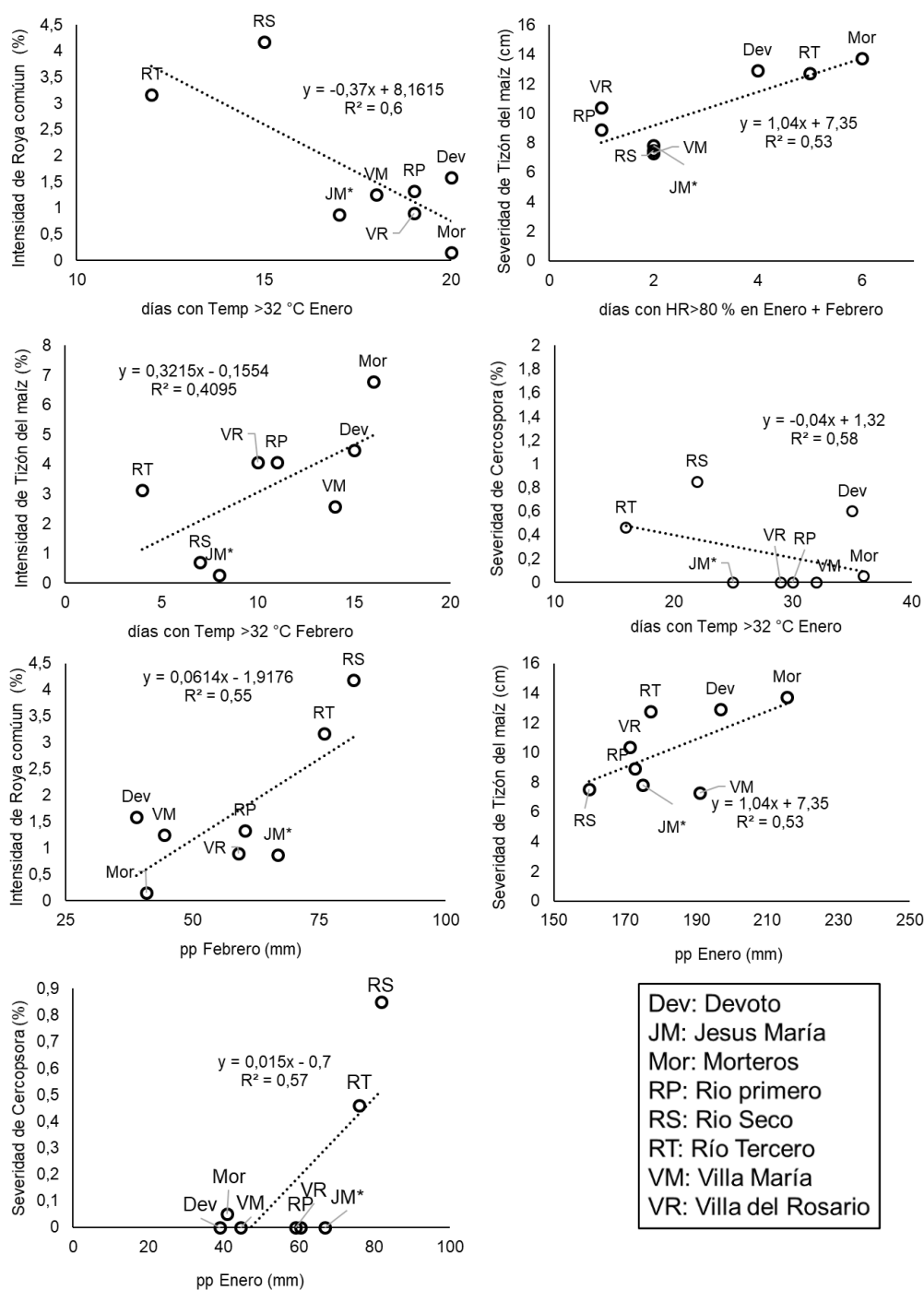


Figura 5. Gráficos de regresiones lineales entre algunas de las variables agroclimáticas y enfermedades en el cultivo de maíz. Temp: temperatura, HR: humedad relativa, pp: precipitaciones acumuladas.

Las variables de temperatura y lluvias acumuladas en los meses de enero y febrero evidenciaron correlaciones significativas entre sí por lo que no se avanzó con el análisis de regresiones múltiples para la modelización (Moschini et al, 2013).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se describió la distribución y nivel de las enfermedades a través de las localidades evaluadas en la región centro norte de la provincia de Córdoba. Como lo reportado previamente por Díaz y col (2012), las enfermedades más prevalentes en la región fueron la RC, el TM y la MB, aunque esta última en intensidad muy baja. Varios factores son los que pueden estar involucrados afectando el nivel de enfermedades en un lote o región dada, entre ellos se encuentran la historia del lote (rotación), inóculo en semilla, fecha de siembra, comportamiento del híbrido, además de las condiciones ambientales. Por lo observado en nuestros resultados las temperaturas extremas (>32 °C) y régimen de lluvias explicaron en gran parte la ocurrencia de las enfermedades por localidad. La acumulación de días con temperaturas extremas a lo largo del periodo vegetativo del cultivo parece haber sido condición desfavorable para la roya común cuyo agente causal tiende a detener su desarrollo en dichas condiciones (Headrick et al, 1968). Un patrón similar se observó para la mancha gris. Para el caso del TM la variable que mejor explicó la severidad e intensidad fue la humedad relativa por encima del 80 % y las lluvias acumuladas en los primeros estadios del cultivo. Cabe destacar que en las localidades para las diversas enfermedades evaluadas se observaron diferencias significativas en el comportamiento de los híbridos evaluados, pero no se profundiza en el análisis dado que no hace al objetivo del presente trabajo.

Las enfermedades de origen fúngico con mayor prevalencia en la región son consideradas enfermedades policíclicas, es decir, el agente causal es capaz de cumplir varios ciclos infectivos en el mismo cultivo. Esta característica hace que la potencialidad de generación de inóculo para nuevas infecciones y dispersión sea alta, así como la capacidad destructiva. Por lo tanto, en los maíces tardíos donde las condiciones ambientales para estos patógenos tienden a ser favorables por lo menos del punto de vista hídrico (humedad relativa, horas de mojado de hoja entre otros), es esencial el monitoreo asiduo desde los estadios iniciales. Esto permitirá, identificar cualquier problemática sanitaria con tiempo para intervenir en caso de ser necesario. Si tomamos en cuenta el híbrido utilizado y su comportamiento frente a enfermedades podremos evaluar junto con las condiciones climáticas el riesgo probable de la ocurrencia de epifitias en el cultivo. En este trabajo, se describen algunas variables climáticas que pueden tenerse en cuenta para tal fin en los diversos patosistemas en maíz. Es por esto, que se destaca la importancia de ampliar estos estudios que describen y relacionan la ocurrencia de enfermedades en correspondencia a

las condiciones climáticas para diversas zonas o regiones productivas que a futuro permitan contribuir a modelos de predicción de las enfermedades causadas por hongos.

REFERENCIAS:

- Balzarini M, Di Rienzo J. 2004. Info-Gen: Software para análisis estadístico de datos genéticos. Facultad de Ciencia Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Carmona, M.A.; Viotti, G. y Sautua, F. 2014. Tizón del maíz: cuantificación de daños y propuesta de umbral. In: Actas 3º Congreso Argentino de Fitopatología. 4, 5 y 6 de Junio 2014, San Miguel de Tucumán, República Argentina. Carmona, M.A.; Viotti, G. y Sautua, F. 2014. Tizón del maíz: cuantificación de daños y propuesta de umbral En: Actas 3º Congreso Argentino de Fitopatología. 4, 5 y 6 de Junio 2014, San Miguel de Tucumán, República Argentina.
- Díaz C, De Rossi R, Couretot L, Sillón M, Formento N y Gonzalez V. 2012. Prevalencia y distribución de enfermedades del maíz en Argentina. XXIX Congreso Nacional de Milho e Sorgo, Águas de Lindóia.
- Headrick, J. M., and Pataky, J. K. 1986. Effects of night temperature and mist period on infection ature and moisture have been shown to of sweet corn by *Puccinia sorghi*. Plant Disease 70:950-953.
- Moschini R.C., Martínez M.I., Sepulcri M.G. 2013. Sistemas de pronóstico de enfermedades. Capítulo XXI Pag. 409-441. En "Agrometeorología". Editores: Guillermo M. Murphy y Rafael H. Hurtado. Segunda Edición Agosto.
- Otegui, M.E., Mercau, J y Menéndez, F. 2002. "Estrategias de manejo para la producción de maíz tardío y de segunda". En Guía Dekalb del cultivo de maíz, Ed. Satorre, Dekalb. 293.
- Papucci, S.; González, A.; Cruciani, M; Tuttolomondo, G.; González, M (2016). Maíces tempranos versus tardíos. AGROMENSAJES 46: 39-45.
- Vieira RA, Mesquini RM, Silva CN, Hata FT, Tessmann DJ, Scapim CA (2014). A newdiagrammatic scale for the assessment of northern corn leaf blight. Journal of CropProtection 56, 55-57.

Para más información:

Lic. Cs. Biol. Ignacio Erreguerena

erreguerena.ignacio@inta.gob.ar

INTA – EEA Manfredi, Fitopatología

Ing. Agr. (M.Sc.) Ana Rodríguez

rodriguez.ana@inta.gob.ar

INTA - EEA Manfredi, Fitopatología

Ing. Agr. (M.Sc.) Guillermo Cordes

cordes.guillermo@inta.gob.ar

INTA – EEA Manfredi, Lab. semillas

Ing. Agr. (M.Sc.) Diego Cordes

cordes.diego@inta.gob.ar

AER Jesus María

ISSN on line: 2618-284X

Este boletín es editado en INTA - EEA Manfredi

Ruta Nacional N° 9 Km. 636

(5988) - MANFREDI, Provincia de Córdoba

República Argentina.

Tel. Fax: 03572-493053/58/61

Responsable: Fernando D. Fava

(c) Copyright 2001 INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Todos los derechos reservados.