



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Genética y mejoramiento

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

20
22





CARACTERIZACION DE HIBRIDOS DE MAÍZ TEMPLADO PARA TOLERANCIA A LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DE RAIZ Y CAÑA EN ARGENTINA

Mahuad S.L.; Izzo F.; Mariño E.; Plazas M.C.; Solowiej A.V.; Paz J.R.

BAYER S.A.; Breeding - R&D – Fontezuela, Buenos Aires – sabina.mahuad@bayer.com

CHARACTERIZATION OF TEMPERATE CORN HYBRIDS FOR TOLERANCE TO THE MAIN ROOT AND STALK DISEASES IN ARGENTINA

Abstract

Maize (*Zea mays L.*) stalk rot, caused by a complex of different soilborne fungal pathogens, reduces maize quality and yield in Argentina. This study was aimed to characterize precommercial and commercial corn temperate hybrids for tolerance to the main root and stalk diseases. For this (i) an artificial inoculation technique by continuous injection under field condition for *Cholletotrichum graminicola* ASR, *Fusarium graminearum* GSR and *F. verticillioides* FSR was developed (ii) the phenotypic score of hybrids to each disease and its relationship with an objective hybrid was analyzed; and (iii) the relationship between the relative behavior of each hybrid for the 3 diseases was studied. The experiment was conducted in Fontezuela BsAs, during summer 2021/2022. The experiment design was a randomized complete block with three replications and four treatments, representing each soilborne pathogen and the check treatment (without inoculum). Overall, this study provided a systematic, rapid, stable, and simple identification method for corn hybrids tolerant to ASR, GSR or FSR in the field. At the same time, this method was also suitable to understand the differential behavior of experimental germplasm that can be used as a selection parameter in breeding programs, and to position pre-commercial and commercial hybrids in the market.

Palabras claves

Enfermedades de raíz y tallo; inoculación artificial; fenotipeado de germoplasma

Keywords

Stalk diseases; artificial inoculation; phenotyping; germoplasm screening



Introducción

El maíz (*Zea mays L.*) es una de las especies vegetales ampliamente estudiadas desde el punto de vista genético. La conservación de órganos vegetales, como tallos y hojas, es esencial para lograr una alta productividad del cultivo. El alto rendimiento de grano en la producción de maíz está asociado con las condiciones ambientales bajo las cuales se cultiva la planta. Estas condiciones son importantes para el desarrollo del cultivo y para el mantenimiento de los componentes de la planta, como las raíces, las hojas y el tallo. El tallo del maíz es responsable del transporte de agua y nutrientes, del sustento de los órganos reproductivos y de las hojas, además de ser un órgano de almacenamiento (Sangoi et al., 2001; Gomes et al., 2010). En cambio, las hojas son el principal órgano responsable de la asimilación de energía, y la reducción de su área limita la fotosíntesis; por lo tanto, reduce el rendimiento de grano (Rezende et al., 2015). Las plantas con el aparato foliar fotosintético dañado trasladan sus carbohidratos del tallo a los granos para mitigar el déficit energético foliar, que afecta la estabilidad del tallo. En esta condición, el tallo se vuelve más susceptible a romperse, lo que perjudica la cosecha mecánica y reduce el rendimiento del cultivo (Sangoi et al., 2001; Alvim et al., 2011).

En nuestro país, en las últimas décadas los trabajos de investigación orientados a obtener tolerancia a diversas enfermedades se han incrementado. Tanto en el ámbito público como en el privado se han logrado avances asociados al entendimiento de la distribución de las enfermedades de maíz en el país, así como también la caracterización por respuesta fenotípica de híbridos comerciales a diversas enfermedades y su tolerancia genética al estrés biótico y abiótico (Días et al., 2012; Tollenaar y Lee, 2002; Cooper et al., 2014).

Las enfermedades que afectan al maíz pueden ocasionar un importante efecto sobre el rendimiento por daños directos e indirectos a la salud de la planta, debido a las interferencias que se producen sobre los procesos fisiológicos propios de generación y partición de biomasa del cultivo (Simón et al., 2018). La ocurrencia de enfermedades que reducen el rendimiento está influenciada por diversos factores, incluidas las condiciones ambientales, las prácticas de producción, el historial previo de enfermedades de la región y la susceptibilidad de los híbridos (Munkvold and White 2016). En la última década, y principalmente en trabajos conducidos en los últimos años, se ha registrado la presencia de enfermedades endémicas (periodicidad anual) y otras patologías consideradas emergentes, dependientes principalmente de las condiciones ambientales, el manejo y el híbrido seleccionado (Couretot, 2009; DeRossi et al.).

De acuerdo a Windauer et al. (2003), se pueden clasificar a las enfermedades en tres grandes grupos: 1) *aquellas que pueden reducir el stand de plantas* (podredumbre de la semilla y tizón de plántula; podredumbre de la raíz y base del tallo; mal de Río Cuarto); 2) *aquellas que interfieren en la interceptación de radiación del cultivo, por reducir la superficie fotosintética o reducir la eficiencia de uso de la radiación* (roya común; tizón foliar; mal de Río Cuarto; complejo de corn Stunt); 3) *aquellas que reducen el índice de cosecha*, ya que interfieren en los procesos involucrados en la producción y llenado de granos (carbón de la espiga; mal de Río Cuarto; complejo de corn stunt y todas aquellas que afectan la calidad de los granos como puede ser la podredumbre de la espiga).

La tolerancia a una enfermedad puede expresarse como una menor reducción en el rendimiento, aunque el cultivo presente síntomas de la enfermedad, o como una reducción en la expresión de los síntomas estando el patógeno presente en el hospedante. La *podredumbre de raíz y tallo (PRT)* es



ocasionada por diferentes agentes causales que se presentan con grandes diferencias a través de los años y también entre las regiones en nuestro país. Esto se debe a la gran influencia del ambiente sobre el desarrollo de las enfermedades, por lo que las condiciones de cada año pueden mostrar escenarios muy variables.

La PRT es causada principalmente por patógenos fúngicos presentes en el suelo que conforman un complejo de especies: *F. graminearum*, *F. fujikuroi*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. oxysporum*; *Cholletotrichum graminicola*; *Stenocarpella maydis*; *Macrophomina phaseolina* entre otros (Sinavimo; 2022). Los factores ambientales que favorecen al desarrollo de estos patógenos necrotróficos son diferentes para cada especie y en todos los casos se ven favorecidos por situaciones de estrés sobre la planta, que generan muerte de tejidos disponiendo puntos de penetración (Campos et al; 2021). La etapa de colonización hacia la base y el tercio inferior del tallo se desarrolla de forma característica para cada patógeno con múltiples variables que condicionan el avance. De acuerdo con estas múltiples posibilidades cada campaña puede presentarse de forma diferente. Su capacidad de supervivencia y multiplicación en suelos fundamentalmente con grandes cantidades de residuos provenientes de la siembra directa, garantizan inoculo primario y amplia distribución en todas las regiones productoras (Jirak-Peterson and Esker, 2011).

En las últimas campañas (información propia de Bayer S.A.) se han incrementado las consultas referidas a PRT y sus niveles de incidencia y severidad en lotes de producción. Este aumento anual puede verse favorecido por los cambios en las labranzas de conservación, los residuos de cultivos de superficie, la carencia de germoplasma con amplia tolerancia a este grupo de patógenos, la presencia en el suelo de un gran complejo de especies de hongos patógenos complejos y/o las condiciones climáticas (Sun et al. 2014; Wu et al. 2018). Los fungicidas químicos no controlan completamente al complejo de PRT y, por lo tanto, el uso de híbridos tolerantes es el método más económico, seguro y efectivo para controlar a la PRT (Duan et al. 2020). La información sobre la tolerancia o respuesta fenotípica hacia este complejo de patógenos en híbridos comerciales en Argentina es limitada y, en consecuencia, es valioso conocer e identificar el comportamiento de los híbridos precomerciales y comerciales para poder lograr un buen posicionamiento en el mercado.

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron (i) desarrollar una técnica de inoculación artificial por inyección continua en condiciones de campo sobre híbridos experimentales y comerciales para caracterizar por niveles de tolerancia a tres enfermedades de raíz y tallo: 1. *Cholletotrichum graminicola* (**ASR**), 2. *Fusarium. graminearum* (**GSR**) y 3. *F. verticillioides* (**FSR**); (ii) analizar el comportamiento individual de los híbridos a cada enfermedad y su relación con un híbrido objetivo; (iii) analizar la relación entre el comportamiento relativo de cada híbrido para las 3 enfermedades. Este estudio proporcionará un método de identificación sistemática para la identificación por niveles de tolerancia a las principales enfermedades de tallo en híbridos comerciales y experimentales de maíz; además, ayudará a entender el comportamiento diferencial del germoplasma experimental que se puede utilizar como parámetro de selección en los programas de mejoramiento, y a posicionar híbridos precomerciales y comerciales en el mercado.



Materiales y métodos

Aislamiento y producción de inóculo de GSR, FSR y ASR

A partir de cepas catalogadas de los patógenos de interés, adquiridos de Centro de Referencia de Micología (CEREMIC) de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas de Rosario, en el laboratorio de Patología Vegetal de Bayer S.A. en Fontezuela, se obtuvieron subaislamientos fúngicos a partir de puntas de hifas que se cultivaron en Agar Papa Glucosado (APG) siguiendo protocolos estándares internos (Figura 1). Se obtuvieron así incrementos puros de cada especie que se reservaron para las inoculaciones artificiales de tallo a campo.



Figura 1. Incremento de, A. *Fusarium. graminearum* (GSR) y B. *F. verticillioides* (FSR) en Agar Papa Glucosado (APG) partir de puntas de hifas de cepas catalogadas por el Centro de Referencia de Micología (CEREMIC)

Diseño experimental

Un total de 27 híbridos templados comerciales (Dekalb, La Tijereta y competidores, *comp_*) y experimentales (*Exp_*) de Bayer se cultivaron bajo condiciones de campo en la Estación Experimental de Bayer S.A. en Fontezuela (BsAs) durante la campaña 2021/2022. El experimento se organizó en parcelas de 2 surcos de 3m de largo con distanciamiento entre hileras de 0,52m. El manejo habitual para el maíz en siembra directa, la fertilización y el riego, se llevaron a cabo durante la temporada de crecimiento del cultivo. Se definieron 4 tratamientos (T_i): i) T1: inoculación artificial para ASR; ii) T2: inoculación artificial para GSR; iii) T3: inoculación artificial para FSR; iv) T4: Testigo Blanco inoculado solo con agua destilada. Se definió para cada tratamiento un diseño en Bloques Completamente Aleatorizados con 3 repeticiones.

Evaluación de híbridos de maíz

La tolerancia de los híbridos a cada patógeno se evaluó con base en la inoculación artificial continua con cada patógeno de interés (tratamiento) utilizando una jeringa de vacunación de uso veterinario autorecargable y volumen ajustable de 5ml. La totalidad de los tallos de cada parcela se inoculó artificial y manualmente con 3ml de suspensión de esporas (concentración conocida de 1.10⁵esporas/ml para ASR y 5.10⁵esporas/ml para FSR y GSR; agua destilada estéril para T4) entre V12 y VT. Se realizaron por medio de inserciones con agujas de 3cm de largo y 1.2mm de diámetro en un ángulo de 45° y a la altura del 1er nudo sobre el suelo en el centro del tallo (Figura 2). Después de la inoculación, el ensayo se condujo siguiendo las prácticas agronómicas habituales, hasta el momento de la evaluación en R6 (madurez fisiológica) o cuando las chalas viraron marrones y el tallo aún estaba verde (aprox. 80 días post inoculación). En cada tallo de cada parcela se eliminaron las hojas y cortaron las plantas por debajo de la espiga principal. Luego, con un cortador manual, se



efectuaron cortes longitudinales en cada tallo hasta la corona dejando expuesta la médula. La severidad de la pudrición del tallo o grado de podredumbre para cada PRT se realizó mediante una calificación visual de los tallos sobre las 10 plantas que mostraron la mayor severidad dentro de cada parcela y tratamiento. Tanto la primera como la última planta de cada surco no fueron consideradas en la evaluación. Para esta valoración fenotípica de severidad o score fenotípico (FS) (Figura 3 y 4) se utilizó una escala de 1 a 9 en base al % de daño en el entrenudo y totalidad de nudos dañados por encima del 50% (siendo 1 tallos sanos y 9 tallos severamente afectados). Dentro de esta escala, se considera al 4 como valor umbral de corte para la clasificación por FS de los híbridos a cada enfermedad. Siendo 4 el valor de transición entre un individuo moderadamente resistente a moderadamente susceptible a la enfermedad de importancia agronómica. La calidad de la inoculación se validó tomando muestras al azar de cada tratamiento que fueron remitidas al laboratorio para identificación por medio de microscopio, lupa y aislamiento en APG.

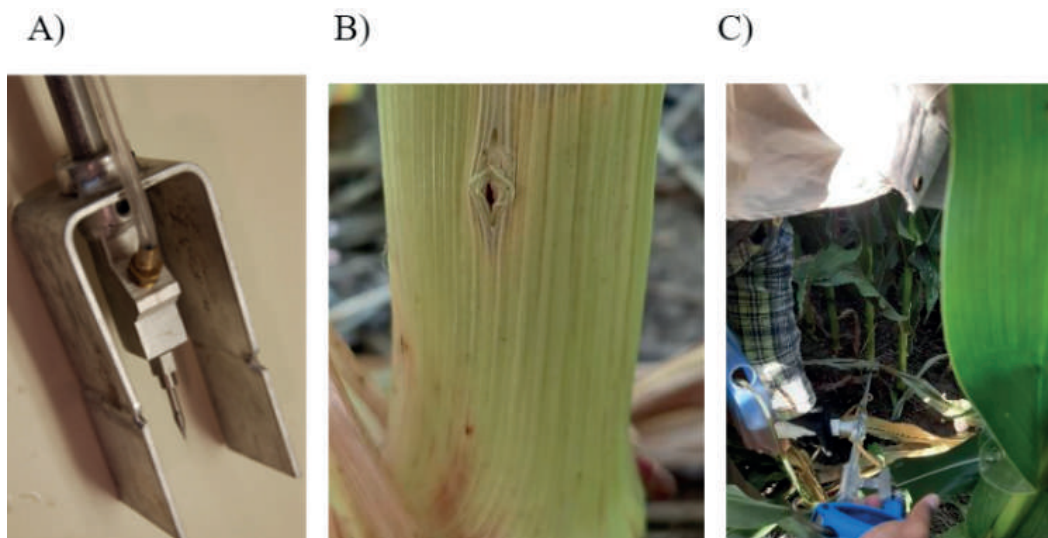


Figura 2. A) agujas de inoculación artificial de 3cm de largo y 1.2mm utilizadas para punzar los tallos. B) lesión de punción en tallo de maíz a la altura del 1er nudo sobre el suelo en el centro del tallo. C) metodología de inoculación artificial por punción en un ángulo de 45°

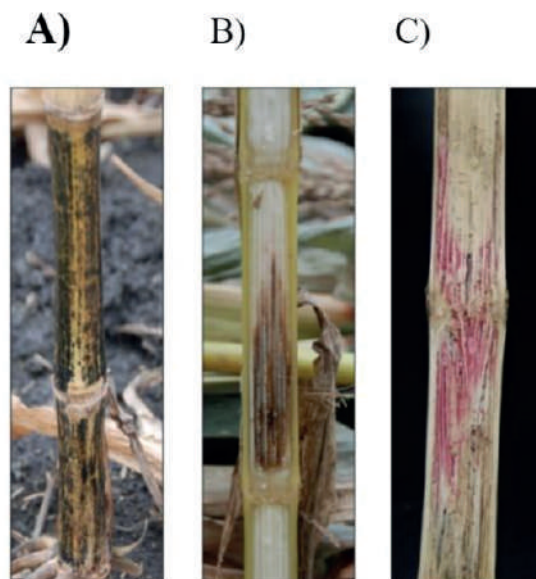


Figura 3. Vista de corte longitudinal de cada tallo hasta la corona, mostrando la médula y grado de podredumbre para cada PRT. A) tallo con síntomas de ASR en parte externa del tallo. B) Podredumbre por FSR. C) Podredumbre por GSR



Figura 4. Vista de corte longitudinal de cada tallo hasta la corona, mostrando la médula y grado de podredumbre para cada tratamiento de PRT. A) T1: inoculación artificial para ASR; B) T2: inoculación artificial para GSR; C) T3: inoculación artificial para FSR; D) T4: Testigo Blanco inoculado solo con agua destilada.



Análisis estadístico

El software estadístico R 3.5.0 (R Core Team, 2019) fue utilizado para los análisis estadísticos. Debido a la naturaleza de los datos donde se contabilizan un gran número de valores de FS iguales a uno (1), los scores tomados a campo en cada parcela fueron convertidos a una variable de conteo, definida como el número de plantas por parcela con severidades mayores o iguales a 4 en la escala utilizada, siendo 4 el valor FS de transición entre un individuo moderadamente resistente a moderadamente susceptible a la enfermedad de importancia agronómica. Los datos fueron entonces



analizados mediante el uso de un modelo lineal generalizado (*log-lineal*) con distribución de Poisson, tomando como variable respuesta el número de plantas con severidades mayores o iguales a 4, la repetición como efecto aleatorio y el híbrido como efecto fijo. Por ello, para GSR y FSR se utilizó como híbrido de referencia (HR) al DK72-20VT3P; mientras que para ASR, al DK72-10VT3P, junto el modelo antes mencionado para calcular intervalos de confianza. Aquellos intervalos que no abarcaron el valor de uno (1) en el cociente de chances (*odds ratio*) indican diferencias significativas entre el híbrido a comparar y el HR.

Resultado y discusión

Un elevado porcentaje de los híbridos bajo estudio presentaron tallos con degradación de medula causada por el PRT inoculado artificialmente con excepción de T4 (Figura 4); confirmando esto junto al diagnóstico en laboratorio, la calidad de la inoculación. En el Gráfico 1 se presenta una comparación visual de los FS registrados para cada una de las enfermedades inoculadas (valores de 1 a 9 en la escala utilizada) y la totalidad de los híbridos evaluados. Los FS de los tallos evaluados para GSR y FSR cubrieron la totalidad de la escala de evaluación (1 a 9) hallándose una mayor concentración de FS en los valores bajos de la escala. Esto indicaría un rango de respuesta fenotípica de los híbridos desde la resistencia a la susceptibilidad a estos dos patógenos. Para ASR los valores observados se encontraron entre los primeros valores de la escala (1 al 5) sin observarse valores superiores a 5, indicando que los híbridos en estudio presentan valores tolerancia entre la resistencia y la susceptibilidad moderada. Del mismo modo, se encontraron respuestas diferenciales entre los híbridos para una misma enfermedad y entre las 3 enfermedades para un mismo híbrido.

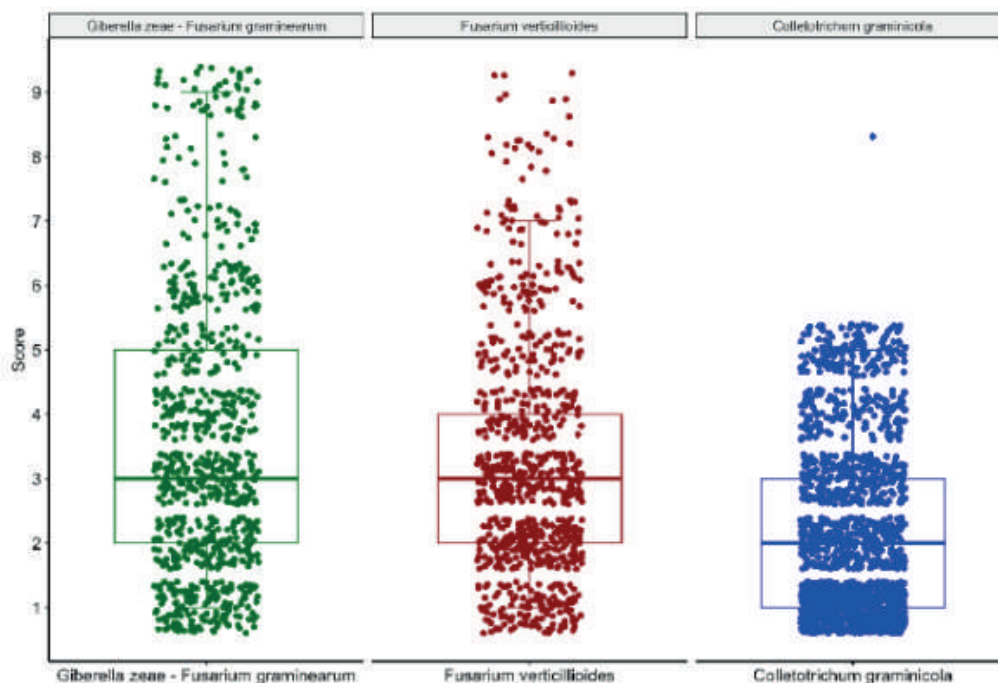


Gráfico 1. Comparación de los valores fenotípicos para todos los híbridos por enfermedad o tratamiento (T1: inoculación artificial para ASR; T2: inoculación artificial para GSR; T3: inoculación artificial para FSR. Eje vertical, escala 1 (sano / sin síntomas visuales) a 9 (tallos severamente afectados)



En el Gráfico 2 se muestra el conteo de plantas con FS mayores o iguales a 4, para cada híbrido y repetición. Esta información fue entonces utilizada para el modelo lineal generalizado con distribución de Poisson que se muestra en el Gráfico 3.

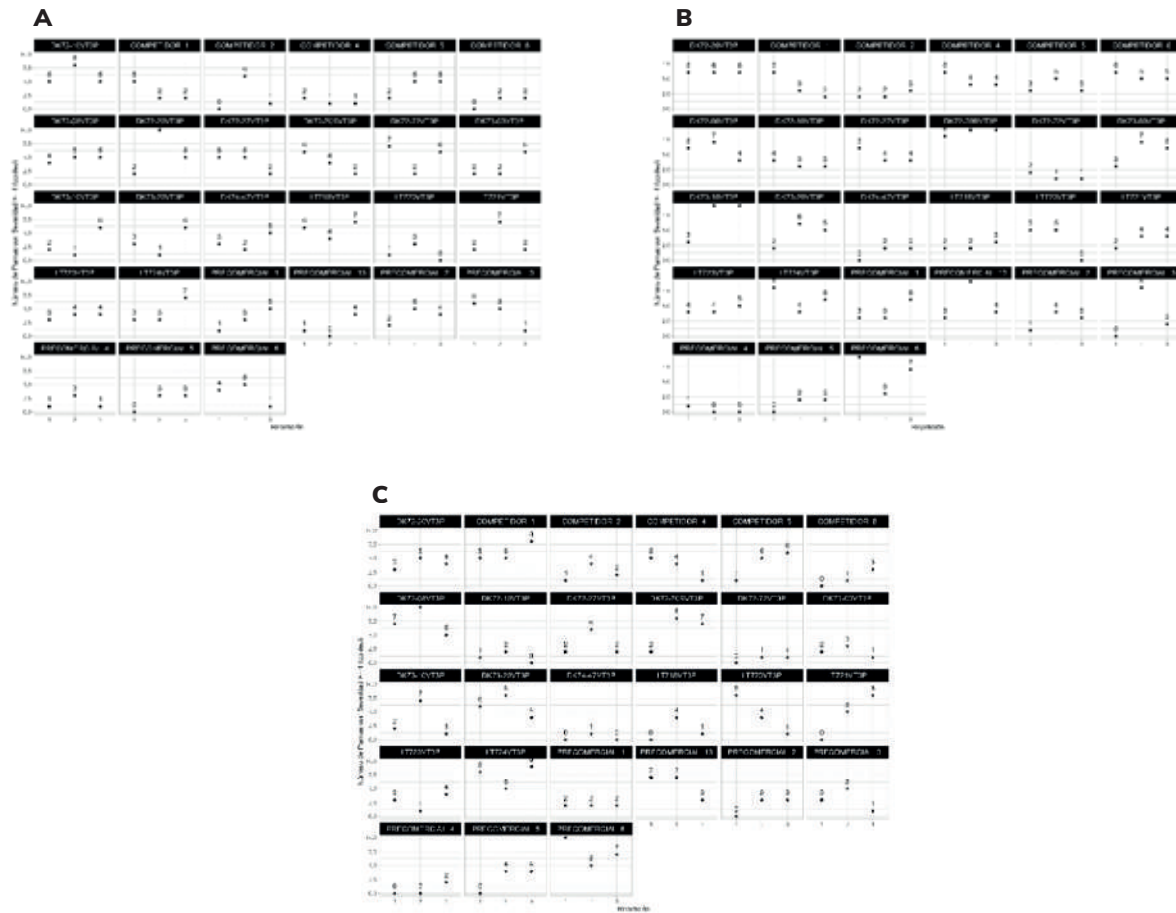


Gráfico 2. Conteo de plantas con FS mayor o igual a 4 para cada para cada enfermedad o tratamiento (A) T1: inoculación artificial para ASR; (B) T2: inoculación artificial para GSR; (C) T3: inoculación artificial para FSR, híbrido y repetición

Los gráficos de intervalos (Gráfico3) muestran los intervalos de confianza para el cociente de probabilidad, es decir, la probabilidad del híbrido en evaluación (eje y) contrapuesto con la probabilidad del HR (DK72-20VT3P para GFR y FSR; y DK72-10VT3P para ASR) de tener plantas con síntomas mayores o iguales a 4. De esta forma, es posible categorizar los híbridos por mayor o menor FS o grado de tolerancia a una PRT con respecto a un HR. Si el valor del odd ratio no comprende al uno (1), hay diferencias significativas entre los híbridos y el HR. Por ejemplo, para GSR el híbrido DK72-70RVT3P (*odd ratio*=1.44) tuvo un 44% más de probabilidades de presentar plantas con síntomas mayores o iguales a 4 que el HR, siendo estas diferencias significativas. Del mismo modo, el híbrido DK72-72VT3P tuvo un 78% menos de chances de presentar plantas con síntomas mayores o iguales a 4 que el HR, siendo estas diferencias significativas.

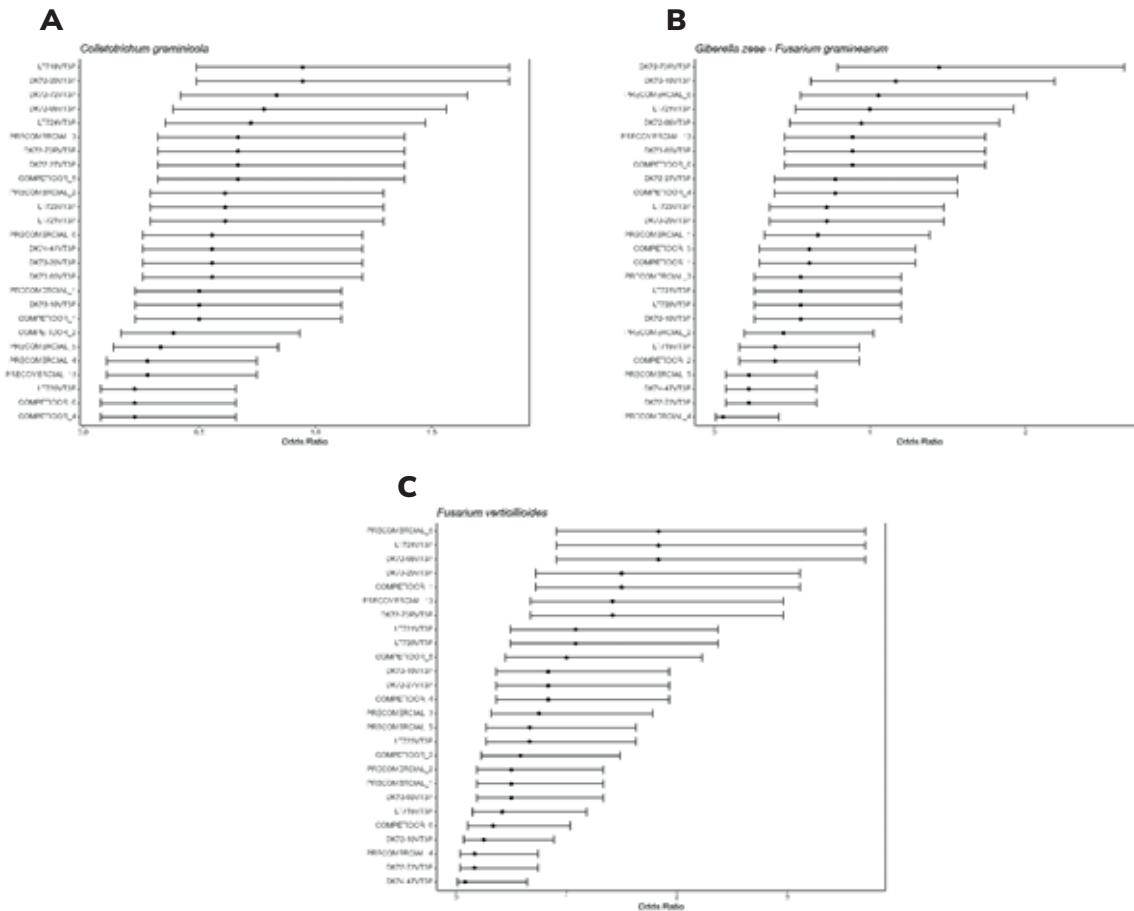


Gráfico 3. Modelo lineal generalizado con distribución de Poisson para cada enfermedad o tratamiento (A) T1: inoculación artificial para ASR; (B) T2: inoculación artificial para GSR; (C) T3: inoculación artificial para FSR, e híbrido. Eje vertical híbridos; eje horizontal Odd Ratio. Valores de odd ratio que no comprenden al uno (1) indican diferencias significativas entre los híbridos y el híbrido de referencia (DK72-20VT3P para GSR y FSR; DK72-10VT3P para ASR)

Puede así entonces observarse en el gráfico 3(A), que 7 híbridos precomerciales de Bayer S.A y competidores, presentaron diferencias significativas contra el HR DK72-10VT3P. Evidenciándose entonces, una mayor tolerancia a ASR que dicho HR. Del mismo modo, del gráfico 3(B), se deduce que 6 híbridos presentaron mayores niveles de tolerancia a GSR que el HR DK72-20VT3P, entendiéndose entonces que aquí también hay variabilidad genética en el tipo de respuesta entre los híbridos para este PRT. Por último, puede observarse en el gráfico 3(C) que para FSR sólo 4 híbridos mostraron niveles de tolerancia superiores al HR DK72-20VT3P.

A partir de estos datos, se deduce que existe variabilidad genética para la tolerancia a las tres PRT. Esto abre la posibilidad en los programas de mejoramiento genético, de caracterizar y seleccionar híbridos con el objetivo de obtener genotipos superiores para las enfermedades en estudio. Otro resultado de importancia mostrado por estos resultados indicaría que un mismo genotipo presenta variaciones significativas en cuanto a la tolerancia a las distintas PRT. Es importante destacar que, en este estudio, no se identificaron híbridos de tolerancia completa a los tres PRT; esto es, no se hallaron híbridos con bajos valores de FS para ninguna de las 3 enfermedades evaluadas, sino que los híbridos mostraron valores de FS en niveles variables ante cada enfermedad. Esto demuestra la complejidad en términos de respuesta genética que este grupo de patógenos ofrece para los programas de mejoramiento. Indicando además que los programas de selección genética para PRT deberían conducirse para cada PRT en particular.



Referencias bibliográficas

- Alvim, K. R. T., Brito C.H.; Brandao A.M.; Gomes L.S.; Gomes Lopez M.T. (2011) Redução da área foliar em plantas de milho na fase reprodutiva. *Revista Ceres*, 58(4):413-418
- Campos, L. J. M., de Almeida, R. E. M., da Silva, D. D., Cota, L. V., Naoe, A. M. L., Peluzio, J. M., Bernardes, F. P., and da Costa, R. V. 2021. Physiological and biophysical alterations in maize plants caused by *Colletotrichum graminicola* infection verified by OJIP study. *Trop. Plant Pathol.* 46:674-683.
<https://doi.org/10.1007/s40858-021-00465-x> Crossref, ISI, Google Scholar
- Cooper, M., Gho, C., Leafgren, R., Tang, T., Messina, C., 2014. Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product. *J.Exp.Bot.* 65, 6191-6204.
- Couretot L. (2009). Panorama sanitario del cultivo de maíz en la zona Norte de la Prov. de Bs. As. Campañas 2007/08 - 2008/09 <http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/ext09/PANORAMASANITARIOMAIZ2009.pdf>
- 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.; Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por hongos; En: *El mismo maíz, un nuevo desafío: Compendio primer congreso de maíz tardío*. ISBN 978-987-98384-3-3 Archivo Digital: descarga y online.
http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/2259/1/CL_DeRossi_Gimenez_Guerra.pdf
- Díaz C.; De Rossi R.; Couretot L.; Sillón M.; Formento N; Gonzalez V. (2012). Prevalencia y distribución de enfermedades de maíz en Argentina - XXIX Congreso Nacional de milho e sorgo – Brasil
https://www.researchgate.net/publication/278783122-Prevalencia_y_distribucion_de_enfermedades_del_maiz_en_Argentina
- Duan, C. X., Dong, H. Y., Li, X., Li, H., Li, C. H., Sun, S. L., Zhu, Z. D., and Wang, X. M. 2020. A large-scale screening of maize germplasm for resistance to multiple diseases in multi-plot demonstration for several years under natural condition. *Acta Agron. Sin.* 46:1135-1145
- Gomes, L. S.; Afonso M.B., Humberto de Brito C., Ferreira de Moraes D., Gomes Lopes M.T.; (2010) Resistência ao acamamento de plantas e ao quebraamento do colmo em milho tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(2):140-145
- Jirak-Peterson J.C., Esker P.D.; (2011) Tillage crop rotation and hybrid effects on residue and corn anthracnose occurrence in Wisconsin. *Plant Disease* 95:601–610
- Munkvold, G. P., and White, D. G. (2016) *Compendium of Corn Diseases*. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, U.S.A.
- Rezende, W. S., Humberto de Brito C., Brandão A.M., Faria Franco C. J., Ferreira M. V., Ferreira A. S.; (2015) Desenvolvimento e produtividade de grãos de milho submetido a níveis de desfolha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(3):203-209
- Sangoi, L., Luiz de Almeida M., Lech V.A., Gracietti L.C., Rampazzo C.; (2001) Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. *Scientia Agrícola*, 58(2):271-276
- Simon M.R., Larran S.; Fleitas M.C (2018) Maíz: Manejo de enfermedades. En: *Cereales de Verano*. Simon M.R.; Golik, S.I.; Editorial: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - ISBN: 978-950-34-1658-7 <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/162686>



Sinavimo, base de datos Fitosanitarios 09/2022, <https://www.sinavimo.gob.ar/>
R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R
Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Sun, J., Xie, S. N., Liu, J. Z., Liu, J. B., Hao, J. J., and Deng, S. Z. 2014. Morphological and molecular identification of *Fusarium* isolated from basal stalks of maize in Henan Province. *Acta Phytopathol. Sin.* 44:8-16
Tollenaar, M., Lee, E.A. (2002) Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Res.* 75, 161–169.

Windauer L.B., Gil A., Guglielmini A.C. & Benech-Arnold R.L. (2003). Bases para el control y manejo de enfermedades en cultivo para granos. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. E.H.

Satorre, R.L. Benech-Arnold, G.A. Slafer, E.B. de la Fuente, D.J. Miralles, M.E. Otegui & R. Savin (Coord.) 1er Edición, Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 653-681.

Wu, Z. T., Yang, K. Z., and Ma, J. H. 2018. Research progress on stalk rot of maize. *J. Anhui Agric. Sci.* 46:5-7