



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Protección del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

20
22





EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA EN DIFERENTES HIBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.): VARIACIONES EN LA COMPOSICIÓN FÚNGICA Y SU POTENCIAL IMPACTO EN DIVERSOS PARÁMETROS DE RENDIMIENTO

Galizio R.I.¹; Martínez M.^{1,2}; Arata, A.F.^{1,3}; Ferraguti, F.⁴; Esposito, M.A.^{4,5,6}; Dinolfo M.I.^{1,5}

¹Facultad de Agronomía de Azul (FAA-UNCPBA). Av. República de Italia, 780. Azul (CP:7300), Buenos Aires, Argentina. rodrigog@faa.unicen.edu.ar ²Área de Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Agronomía de Azul (FAA-UNCPBA). Av. República de Italia, 780. Azul (CP:7300), Buenos Aires, Argentina. maurom@faa.unicen.edu.ar ³Área de Cereales y Oleaginosas. Facultad de Agronomía de Azul (FAA-UNCPBA). Av. República de Italia, 780. Azul (CP:7300), Buenos Aires, Argentina. arataa@faa.unicen.edu.ar ⁴Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. Ruta Nacional 11 km 353. Oliveros, Santa Fe, Argentina. ferraguti.facundo@inta.gob.ar ⁵Facultad Ciencias Agrarias-UNR. Campo Experimental J.V. Villarino. Zavalla. Santa Fe (CP: S2125ZAA) ⁶ILICAR-CONICET, Zavalla. Santa Fe. esposito.maria@inta.gob.ar ⁷Laboratorio de Biología Funcional y Biotecnología (BIOLAB, INBIOTEC-CONICET, UNCPBA). Av. República de Italia, 780. Azul (CP:7300), Buenos Aires, Argentina. inesdinolfo@gmail.com

EFFECTS OF THE SOWING DATE ON DIFFERENT MAIZE (*ZEAMAYS* L.) HYBRIDS: VARIATIONS ON FUNGI COMMUNITY COMPOSITION AND THEIR POTENTIAL IMPACT ON YIELD PARAMETERS.

Abstract

Maize is one of the most important cereal crops sown worldwide. During the crop cycle, maize can be affected by several fungal diseases, reducing grain yield and grain quality. The election of the sowing date and the genotype are tools that can reduce these negative impacts. The aim of the present study was to evaluate the effect of the sowing date and its potential effect on fungal diversity and yield parameters. Assays were conducted during 2021 under field conditions (UNCPBA, Argentina). Twelve commercial hybrids were used, and sowing dates were: October 18th (TE); December 2nd (TT). At physiological maturity, disease incidence and severity were measured. After harvest, fungal diversity and grain yield parameters were registered. Results showed that *Fusarium* isolates prevailed over other fungal species, followed by *Penicillium* isolates. *Fusarium* occurrence was higher during TT, while *Penicillium* occurrence was higher during TE. No significant differences were observed regarding incidence and severity. Grain yield and number of grains/m² were higher in TT than in TE. Regarding grain humidity, thousand kernel weight, and hectoliter weight, interaction genotype x sowing date was reported. In conclusion, the election of agronomic practices can directly influence fungal diversity and grain yield parameters in maize crops.

Palabras claves

Fechas de siembra, *Fusarium* spp., maíz, peso de mil granos

Keywords

Fusarium spp., maize, sowing date, thousand kernel weight



Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos con mayor superficie sembrada en el mundo, con una producción mundial de alrededor de 1423 millones de toneladas (FAO, 2022). Los principales países productores de este cultivo son Estados Unidos, China y Argentina con rendimientos promedios de 10794, 6317 y 7553 kg/ha, respectivamente. Nuestro país ocupa el tercer lugar en la producción con una superficie total de siembra de 9 millones de ha y con una producción de 60 millones de toneladas (MAGyP, 2022). Las provincias de Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe son las principales productoras de maíz, representando el 70% de la producción nacional de este cultivo. Durante su desarrollo, este cultivo no solo es afectado por las variables climáticas predisponentes en cada campaña agrícola, sino que además puede ser atacado por virus, bacterias y hongos que pueden generar mermas en el rendimiento. Dentro de los géneros fúngicos frecuentemente encontrados en este cultivo, *Fusarium* ocupa un rol central ocasionando daños no solo en espigas sino también en otros órganos como raíces y tallos (Olowe et al., 2015).

Dentro del género *Fusarium*, *F. verticillioides* es el principal agente causal de fusariosis en espigas de maíz, reportado no solo a nivel mundial sino también nacional, seguido por *F. proliferatum*, *F. graminearum* y *F. subglutinans* (Chiotta et al., 2020). En nuestro país, además se ha reportado la presencia de otras especies como *F. equiseti*, *F. incarnatum*, *F. oxysporum*, *F. nygamai*, *F. crockwellense*, *F. meridionale* y *F. boothi* (Castañares et al., 2019; Chulze et al., 2000; Torres et al., 2001). La presencia de estas especies no solo genera mermas de rendimiento, sino que además tienen la capacidad de producir micotoxinas nocivas para la salud de los consumidores. Por ejemplo, *F. verticillioides* al igual que *F. proliferatum* y *F. subglutinans* son capaces de producir fumonisinas (FBs), un grupo de compuestos tóxicos y carcinogénicos, que causan enfermedad en humanos y animales (Marasas et al., 2004). Adicionalmente y sumado a la gravedad que representan estos compuestos, estas micotoxinas han sido catalogadas como “Grupo II” dentro de los carcinógenos por la Agencia Internacional de Investigaciones en Cáncer (International Agency for Research on Cancer 1993). Por su parte, *F. graminearum* es el principal productor de deoxinivalenol (DON), un tricoteceno de tipo B, capaz de producir vómitos y rechazo alimenticio en los consumidores; y zearalenonas (ZEA), una micotoxina estrogénica capaz de producir severos daños en cerdos. Actualmente, el 25-50% de los cultivos cosechados en el mundo, están afectados con micotoxinas no solo producidas durante el desarrollo del cultivo en condiciones a campo, sino también durante el almacenamiento, lo que ha llevado a que muchos países establezcan límites máximos de micotoxinas permitidos en los cultivos destinados a consumo humano y animal (Chiotta et al., 2020; Dinolfo et al., 2022).

La ocurrencia de estas especies de *Fusarium* como así también la producción de micotoxinas depende de una estrecha relación entre los híbridos elegidos en la siembra y determinadas condiciones ambientales que favorecen el crecimiento fúngico y la toxicogénesis, siendo la temperatura y la humedad aquellos factores cruciales para estos aspectos. Es por ello que algunas elecciones en el manejo del cultivo pueden mitigar el impacto de *Fusarium* y sus micotoxinas (Blandino et al., 2017). En nuestro país, se ha visto un incremento en la elección de fechas tardías de siembra de maíz motivados principalmente por la estabilidad de los rendimientos a causa de una menor probabilidad de ocurrencia de estrés hídrico durante el período crítico del cultivo, relegando rendimiento potencial. Sin embargo, estas fechas tardías exponen al cultivo a condiciones ambientales más restrictivas durante la fase de llenado de granos, que trae aparejado un aumento en la presión de plagas. En este



sentido, Berghetti et al. (2020) demostraron que la incidencia fúngica es menor en fechas de siembra temprana de maíz que en tardías, lo que además se correlacionaría con un incremento en los contenidos de micotoxinas (Blandino et al., 2017).

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de siembra sobre la ocurrencia de Fusarium, y su potencial impacto sobre parámetros de rendimiento en diferentes híbridos comerciales de maíz.

Materiales y Métodos

El ensayo a campo se realizó en la Chacra Experimental de la FAA-UNCPBA (36° 49' 41.4'' S; 59° 53' 11.6'' W; 147 m.s.n.) durante la campaña agrícola 2021/2022. Acorde a las fechas de siembra recomendadas para la región de estudio, las mismas fueron 18 de octubre para la siembra temprana y 2 de diciembre para la fecha tardía. Se sembraron 12 híbridos comerciales (enumerados del 1 al 12), seleccionados previamente en base a la superficie de siembra en la zona centro de la provincia de Buenos Aires de acuerdo a la Red de Ensayos de Maíz, INTA-Balcarce. Las parcelas fueron de 12 m de largo x 2,08 m de ancho (4 surcos a 52 cm), con una densidad de 3 semillas/m lineal (aprox. 58.000 plantas/ha) (Fig. 1).

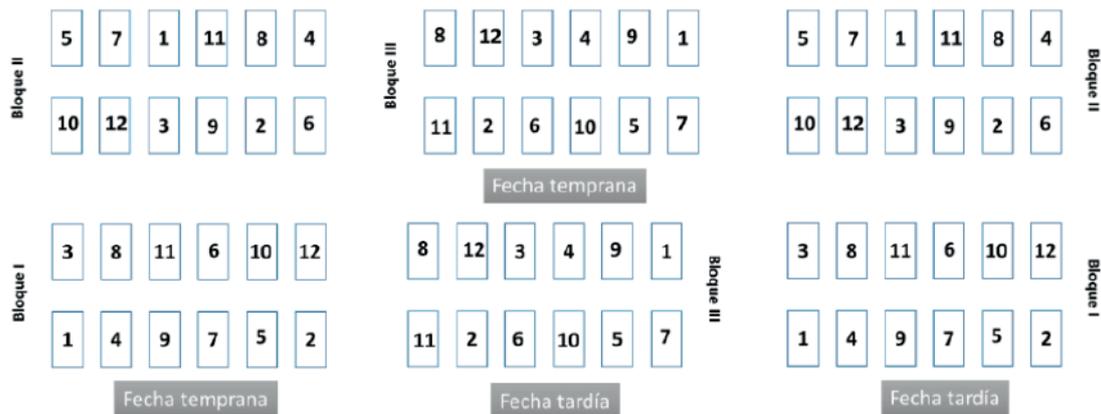


Figura 1. Diseño experimental del ensayo sembrado durante la campaña 2021/2022.

Se fertilizó con fosfato diamónico a la siembra (100 kg/ha) y con urea en V4-V6 (200 kg/ha). Los ensayos a campo fueron conducidos bajo condiciones de secano (sin riego adicional), mientras que el control de malezas fue químico. Además, no se aplicaron tratamientos de fungicidas adicionales durante el desarrollo del cultivo.

En madurez fisiológica, se cuantificó la severidad de la enfermedad (S%), según el ranking descrito en el Bulletin OEPP/EPPO (2015):

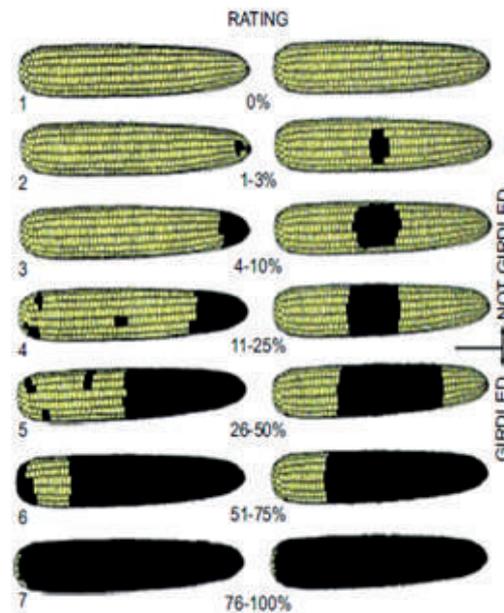


Figura 2. Escala de cuantificación de la severidad de la enfermedad (%) (Bulletin OEPP/EPP 2015).

Luego de la cosecha, se evaluaron las siguientes variables, para cada híbrido comercial:

- Diversidad fúngica
- Severidad e incidencia
- Rendimiento en grano (g/m²)
- Peso de mil granos (g)
- Humedad (H)
- Peso hectolítrico (PH)

Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2020). Se chequearon los supuestos de normalidad y luego se llevaron a cabo los análisis de la varianza (ANOVA) correspondientes, junto con la comparación de las medias de los tratamientos mediante el test de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves -DGC- ($\alpha=0.05$).

Resultados

De la totalidad de los híbridos sembrados en fecha temprana y tardía, se aislaron un total de 394 y 636 aislamientos pertenecientes al género *Fusarium*, respectivamente. Asimismo, se cuantificó la cantidad de aislamientos pertenecientes a *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*. Para el género *Alternaria*, no se observaron aislamientos en ninguna de las fechas de siembra. Para el caso de *Aspergillus* y *Cladosporium*, se observaron un total de 1 y 4, respectivamente para la fecha temprana y de 6 y 2 para la fecha tardía. En lo que respecta a *Penicillium*, aislamientos de este género siguieron en orden de ocurrencia a los de *Fusarium*. Para la fecha temprana, se obtuvieron un total de 93 aislamientos; mientras que para la fecha tardía se registró una reducción, aislándose un total de 67 aislamientos de este género. En conclusión, el género *Fusarium* fue el más predominante, seguido



por el género *Penicillium* para ambas fechas de siembra. Asimismo, mientras se observa una tendencia a un incremento de ocurrencia de aislamientos de *Fusarium*, se observa una reducción con respecto a *Penicillium*, si se compara la fecha temprana con la tardía (Fig 3).

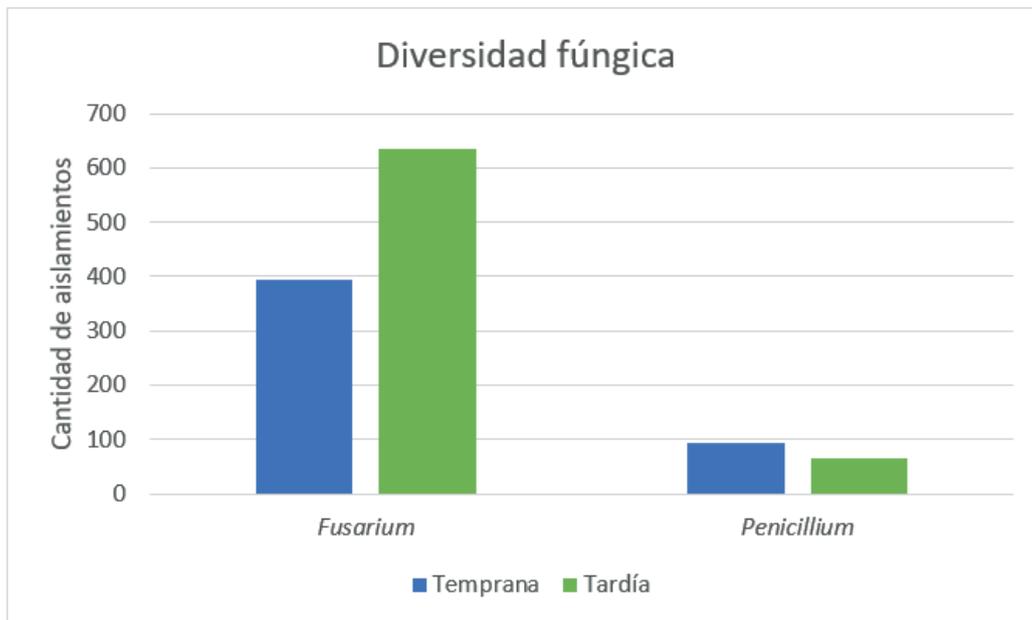


Figura 3. Número de aislamientos de los dos géneros fúngicos más ocurrencia en espiga de maíz durante la fecha de siembra temprana y tardía en cosecha.

Sin embargo, a pesar de las diferencias en el número de aislamientos obtenidos, los parámetros de severidad e incidencia no mostraron diferencias significativas entre la fecha de siembra temprana y tardía.

El rendimiento promedio de los híbridos sembrados en fecha tardía fue mayor que en fecha temprana ($1091,73 \pm 177,03 \text{ g/m}^2$ vs. $838,26 \pm 838,26 \text{ g/m}^2$), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,0001$). Coincidentemente, el número de granos/ m^2 se comportó de igual manera, siendo mayor en la siembra tardía ($3819,87 \pm 553,26 \text{ granos/m}^2$) que en la temprana ($2773,95 \pm 436,59 \text{ granos/m}^2$).

En cuanto a la humedad, y la variable peso de mil granos (g), la interacción entre fecha de siembra y el híbrido resultó significativa ($p < 0,0001$). Para el caso de la humedad el híbrido 2 en fecha tardía y el híbrido 3 para la fecha temprana presentaron el mayor y menor contenido de humedad, respectivamente ($27,27 \pm 1,27\%$ vs. $16,10 \pm 0,46\%$) (Fig. 4). Para la variable peso de mil granos, el híbrido 2 en fecha temprana mostró el mayor peso ($334,13 \pm 8,89 \text{ g}$) y el híbrido 3 en fecha tardía el menor valor ($245,58 \pm 12,79 \text{ g}$) (Fig. 4).

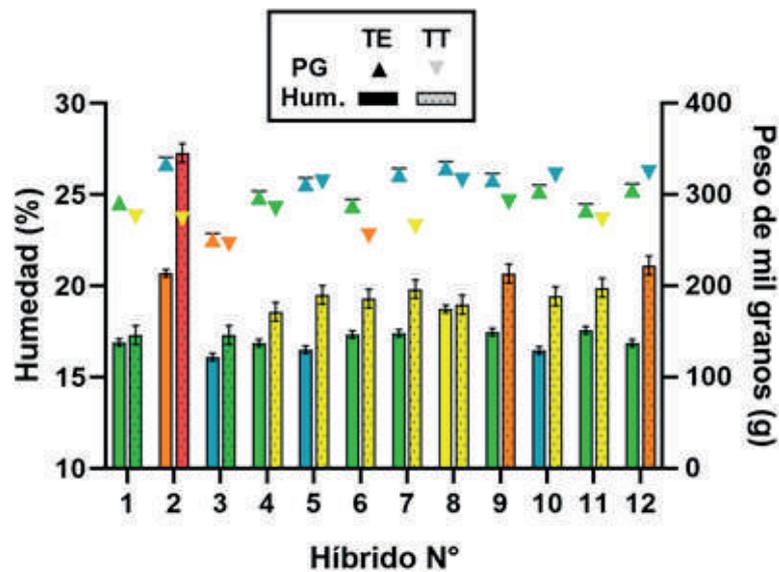


Figura 4. Porcentaje de humedad y peso de mil granos (g) en los distintos híbridos analizados en las distintas fechas de siembra.

El peso hectolítrico mostró diferencias estadísticamente significativas para la fecha de siembra y el híbrido. La fecha de siembra temprana presentó mayor valor de PH ($76,02 \pm 2,33$ kg/hL) con respecto a la fecha tardía ($69,38 \pm 2,33$ kg/hL). En cuanto a los híbridos, el número 2 se diferenció del resto de los híbridos con el menor valor de PH, siendo de $68,10 \pm 5,89$ kg/hL.

Discusión

En este trabajo se evaluó el efecto de la fecha de siembra sobre la ocurrencia de Fusarium, y su potencial impacto sobre parámetros de rendimiento en diferentes híbridos comerciales de maíz. El número de aislamientos de Fusarium obtenidos desde los híbridos sembrados de manera temprana fue menor a aquellos obtenidos de fechas tardías. Distintos autores han evaluado el comportamiento de Fusarium en híbridos de maíz sembrados en distintas fechas. En Brasil, Berghetti et al. (2020) cuantificaron el efecto de la fecha de siembra y su relación con la presencia de patógenos fúngicos, observando que la fecha temprana tuvo menor incidencia fúngica que la fecha tardía. Krnjaja et al. (2022) evaluaron el comportamiento de las especies de Fusarium en distintas fechas de siembra y en distintos híbridos en Serbia. Además, se observó que en siembras tempranas la incidencia de *F. verticillioides* y el contenido de fumonisinas es menor que los encontrados en fechas tardías. Si bien considerando el número de aislamientos obtenidos en nuestro trabajo es coincidente con los trabajos citados, las variables incidencia y severidad no reflejan los resultados encontrados. Este hecho puede deberse a que muchas de las especies de Fusarium capaces de ser aisladas de granos de maíz pueden comportarse de manera asintomática y de esta manera no ser evidenciada su presencia en la evaluación mediante escalas sintomáticas. Por ende estas escalas serían útiles para evaluar el deterioro físico de los granos debido a la presencia de Fusarium de manera sintomática, pero por otro lado se podría estar subestimando la contaminación de Fusarium en espigas de maíz y especialmente la potencial contaminación con micotoxinas, teniendo en cuenta que a pesar de comportarse de manera asintomática son capaces de producir micotoxinas en los granos (Rosa Junior et al., 2019).



En cuanto al rendimiento y sus componentes, Krnjaja et al. (2022) evaluaron la longitud de la mazorca, el número de granos por espiga, el peso de los granos por espiga y el rendimiento de los granos y encontraron que todas las variables mostraron un mayor valor en fechas tempranas que tardías. En nuestro estudio, para la campaña evaluada se mostraron resultados contrarios, encontrando mejores valores en fechas tardías que tempranas. Una de las posibles explicaciones a estos resultados contrastantes podría deberse a las condiciones ambientales predisponentes en los diferentes ambientes evaluados durante el desarrollo del cultivo. Asimismo, el peso de los granos mostró interacción entre los híbridos y la fecha de siembra, es decir que esta última fuente de variación no fue la única responsable de los resultados encontrados.

La humedad del grano influye en el peso del mismo, sin aportar sustancias nutritivas como proteínas, almidones, grasas, vitaminas y minerales por lo que a mayor porcentaje de humedad mayor penalización a la hora de su comercialización (Norma XII, S.A.G.y P. 1075/94, Argentina). Es por ello, que una de las mayores consecuencias de elegir fechas de siembra tardías, es el desafío de poder cosechar ese maíz con rango de humedad cercano al 14%, que no represente penalidad alguna. En este trabajo, la humedad mostró una interacción entre la fecha de siembra y los híbridos, es decir que la elección del híbrido continúa siendo una de las principales variables a considerar acorde a la fecha de siembra elegida. Asimismo, es una estrategia para reducir los niveles de micotoxinas presentes en los granos considerando que su producción se ve favorecida acorde incrementa la humedad del grano (Bush et al., 2004).

En cuanto a la calidad de los granos, el peso hectolítrico presentó un mayor valor en fechas tempranas que tardías. Este parámetro relacionado con la calidad de los granos puede estar fuertemente influenciado por la humedad del grano en cosecha. En nuestros resultados hubo interacción entre fecha de siembra y el híbrido, con menor porcentaje de humedad para la mayoría de los híbridos evaluados en fecha temprana que tardía.

Conclusión

La presencia de aislamientos pertenecientes a *Fusarium* en espiga de maíz puede verse influenciada por el manejo de los cultivos, como por ejemplo la elección de la fecha de siembra. En este trabajo, se evaluaron distintos híbridos sembrados de manera temprana y tardía, encontrándose un mayor número de aislamientos de *Fusarium* en siembras tardías que tempranas. Asimismo, los valores de incidencia y severidad no fueron significativos entre fechas de siembra. Con respecto al rendimiento, la fecha tardía presentó mejores resultados que la temprana, favorecidos por las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo. El peso de mil granos y el porcentaje de humedad en cosecha mostró estar influenciado por la fecha de siembra y el híbrido. Mientras que la calidad de los granos, mostró ser mejor en aquellos híbridos sembrados de manera temprana.

***Los resultados anteriormente presentados, forman parte de la tesis doctoral del Lic. Galizio, R.I.**

Apoyo financiero

Este trabajo cuenta con el financiamiento de la Universidad Nacional del centro de la Provincia de Buenos. Programa de Fortalecimiento a la Ciencia y la Tecnología en las Universidades Nacionales. JOVIN-Proyectos Jóvenes Investigadores 2021/2022. PICT 00410/2020. FONCyT.



Referencias bibliográficas

- Berghetti, J., Casa, R. T., Coelho, A. E., Sangoi, L., da Silva, F. N., Scheidt, B. T., Martins, F. C., & Ludwig, A. H. (2020). Grain quality of maize hybrids submitted to different sowing times and nitrogen rates. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 19(1), 26–34. <https://doi.org/10.5965/223811711912020026>
- Blandino, M., Scarpino, V., Giordano, D., Sulyok, M., Krska, R., Vanara, F., & Reyneri, A. (2017). Impact of sowing time, hybrid and environmental conditions on the contamination of maize by emerging mycotoxins and fungal metabolites. *Italian Journal of Agronomy*, 12(3), 215–224. <https://doi.org/10.4081/ija.2017.928>
- Bush, B. J., Carson, M. L., Cubeta, M. A., Hagler, W. M., & Payne, G. A. (2004). Infection and fumonisin production by *Fusarium verticillioides* in developing maize kernels. *Phytopathology*, 94(1), 88–93. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.1.88>
- Castañares, E., Martínez, M., Cristos, D., Rojas, D., Lara, B., Stenglein, S., & Dinolfo, M. I. (2019). *Fusarium* species and mycotoxin contamination in maize in Buenos Aires province, Argentina. *European Journal of Plant Pathology*, 155(4), 1265–1275. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01853-5>
- Chiotta, M. L., Fumero, M. V., Cendoya, E., Palazzini, J. M., Alaniz-Zanon, M. S., Ramirez, M. L., & Chulze, S. N. (2020). Toxigenic fungal species and natural occurrence of mycotoxins in crops harvested in Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(4), 339–347. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.06.002>
- Chulze, S. N., Ramirez, M. L., Torres, A., & Leslie, J. F. (2000). Genetic variation in *Fusarium* section *Liseola* from no-till maize in Argentina. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(12), 5312–5315. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.12.5312-5315.2000>
- Dinolfo, M. I., Martínez, M., Castañares, E., & Arata, A. F. (2022). *Fusarium* in maize during harvest and storage: a review of species involved, mycotoxins, and management strategies to reduce contamination. *European Journal of Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1007/S10658-022-02548-0>
- Krnjaja, V., & Mandi, V. (2022). Influence of Sowing Time on *Fusarium* and Fumonisin Contamination of Maize Grains and Yield Component Traits Influence of Sowing Time on *Fusarium* and Fumonisin Contamination of Maize Grains and Yield Component Traits. July. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071042>
- Olowe, O., Olawuyi, O., & Odebode, A. (2015). Response of Maize Genotypes to *Fusarium Verticillioides* Strains from Two Agro Ecological Zones in Southwest. 27(2), 77–86. https://www.researchgate.net/publication/279182172_Response_of_Maize_Genotypes_to_Fusarium_Verticillioides_Strain_from_Two_Agro_Ecological_Zones_in_Southwest_Nigeria
- Rosa Junior, O. F., Dalcin, M. S., Nascimento, V. L., Haesbaert, F. M., Ferreira, T. P. D. S., Fidelis, R. R., Sarmiento, R. D. A., Aguiar, R. W. D. S., De Oliveira, E. E., & Dos Santos, G. R. (2019). Fumonisin production by *fusarium verticillioides* in maize genotypes cultivated in different environments. *Toxins*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/toxins11040215>
- Torres, A. M., Reynoso, M. M., Rojo, F. G., Ramirez, M. L., & Chulze, S. N. (2001). *Fusarium* species (section *Liseola*) and its mycotoxins in maize harvested in northern Argentina. *Food Additives and Contaminants*, 18(9), 836–843. <https://doi.org/10.1080/02652030117744>