



XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ



CONTROL DE INOCULO PRIMARIO DE *FUSARIUM VERTICILLIOIDES* Y *FUSARIUM GRAMINEARUM* EN SEMILLAS DE MAÍZ MEDIANTE EL TRATAMIENTO CON BIOESTIMULANTE ULTRA PROTECT SEED

Sautua FJ^a; Pistone ML^a; Pérez-Pizá MC^{a,b}; Carmona MA^a

^a Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Fitopatología, San Martín 4453, Capital Federal, Buenos Aires, Argentina.

^b Instituto de Biología Funcional y Biotecnología (BIOLAB), Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología (INBIOTEC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Azul, Buenos Aires, Argentina.

CONTROL OF PRIMARY INOCULUM OF *Fusarium verticillioides* AND *Fusarium graminearum* IN MAIZE SEED USING THE BIOSTIMULANT ULTRA PROTECT SEED

Abstract

Fusarium verticillioides and *Fusarium graminearum* are among the most important seedborne pathogens of maize, causing seedling blight, poor crop establishment, and yield and grain quality losses. The increasing need for sustainable disease management strategies has promoted the evaluation of phosphite-based biostimulants as alternatives or complements to conventional fungicide seed treatments. This study evaluated the efficacy of Ultra Protect Seed, a phosphite-based biostimulant containing phosphites, Zn, Mn, and sulfur compounds, applied as a maize seed treatment for controlling the primary inoculum of both pathogens. Maize seeds treated with the biostimulant, a conventional fungicide, or left untreated were challenged in vitro with one isolate of each pathogen. Twenty-four Petri dishes (216 seeds) were evaluated per treatment. The phosphite-based biostimulant reduced mycelial growth significantly by 45.4% against *F. verticillioides* and by 57.0% against *F. graminearum*. The fungicide achieved significantly 59.7% and 57.6% control, respectively. No significant differences between the biostimulant and fungicide were detected against *F. graminearum*. Neither treatment affected seed germination or viability (98–99%). These results indicate that Ultra Protect Seed is a promising complementary tool for reducing the primary inoculum of *Fusarium* spp. in maize seed.

This is the first report of *Fusarium* spp. control in maize seeds using a biostimulant.

Palabras clave: maíz; *Fusarium verticillioides*; *Fusarium graminearum*; fitoestimulante ; fungicidas.

Keywords: maize; *Fusarium verticillioides*; *Fusarium graminearum*; plant stimulant; fungicides.





XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ



Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de cereales más importantes del mundo, desempeñando un papel estratégico en la seguridad alimentaria mundial como fuente de alimentos y materias primas industriales. Sin embargo, la productividad de los cultivos y la seguridad de los granos se ven gravemente amenazadas por patógenos fúngicos, entre los que se destaca el género *Fusarium* como uno de los más persistentes y económicamente dañinos. Dentro de este género, dos complejos de especies principales dominan la epidemiología de las enfermedades del maíz: el complejo de especies *Fusarium fujikuroi*, representado principalmente por *Fusarium verticillioides* (Fv), y el complejo de especies *Fusarium graminearum*, que incluye *F. graminearum sensu stricto* (Fg). A pesar de compartir reservorios ecológicos similares, Fv y Fg difieren fundamentalmente en el origen y la dispersión de su inóculo primario. Las semillas de maíz infectadas son claves para la supervivencia de ambos patógenos, y se las asocia con tizones de plántulas y un establecimiento deficiente de los cultivos. En el caso de Fv, este patógeno también puede colonizar sistémicamente plantas adultas. Un desafío de la agricultura moderna es la aparición de cepas resistentes a fungicidas reportados en la literatura y especialmente en el caso de Fg, que generan una dificultad al control químico.

Por todo ello, existe en la actualidad la necesidad de incorporar en la agricultura tradicional moderna, prácticas de manejo complementarias o alternativas. Entre ellas se encuentra el uso de bioinsumos, como por ejemplo el control biológico de enfermedades o biocontrol, que implica el uso de microorganismos (o de sus metabolitos o subproductos) que son enemigos naturales de un patógeno, con el fin de reducir o eliminar sus efectos dañinos en las plantas o sus productos. Los bioestimulantes vegetales (PB) mejoran la eficiencia en el uso de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, la calidad de los cultivos y la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera (du Jardin, 2015; Caradonia et al., 2019; Feldmann et al., 2022; Carmona et al., 2025). Los Phi, derivados del ácido fosforoso, inducen la resistencia sistémica adquirida (SAR), poseen baja toxicidad, alta solubilidad y movilidad sistémica, y han demostrado eficacia frente a diversos oomicetes y algunos hongos fitopatógenos, entre ellos especies de *Fusarium*. Asimismo, promueven respuestas de defensa en las plantas mediante el incremento de la actividad de enzimas antioxidantes y la producción de fitoalexinas. Algunos PB, como los fosfitos (Phi), además actúan como inductores de resistencia y presentan actividad antifúngica directo sobre algunos patógenos, especialmente oomicetes, por ejemplo, los géneros *Phytophthora*, *Pythium*, *Peronospora* y *Plasmopara* (Carmona et al., 2018; Guo et al., 2021; Mohammadi et al., 2021; Vilela et al., 2022). Los Phis también ha demostrado cierto nivel de control de enfermedades de cultivos extensivos causadas por algunos hongos verdaderos como por ejemplo los géneros *Sclerotinia*, *Macrophomina*, *Fusarium*, *Colletotrichum* y *Phakopsora* (Carmona et al., 2017; Gill et al., 2018; Einhardt et al., 2020; da Silva Junior et al., 2021).





XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ



El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de un bioestimulante a base de fosfitos, Zn, Mn y compuestos azufrados aplicado como tratamiento de semillas de maíz, a diferentes dosis, sobre el crecimiento de *F. graminearum* y *F. verticillioide*s, así como su efecto sobre el porcentaje de germinación de las semillas, en comparación con un tratamiento químico convencional utilizado habitualmente en maíz.

Materiales y métodos

Se evaluaron los siguientes productos/ingredientes activos descriptos en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Composición (ingredientes activos)	Dosis (ml/100 kg semilla)
1. Testigo	-	-
2. Bioestimulante Ultra protect seed Spraytec Argentina	Fosfitos, Mn Zn y compuestos azufrados	300
3. Fungicida	30 g/100 ml Tiabendazol 3,75 g/100 ml Fludioxonil 3 g/100 ml Metalaxil-M 1,5 g/100 ml Azoxistrobina	100

Patógenos

Se utilizó una cepa de cada uno de los siguientes: *F. verticillioide*s y *F. graminearum*, aisladas en el laboratorio de fitopatología de la FAUBA.

Test in vitro de inhibición de crecimiento micelial

A partir de cultivos puros de cada cepa, creciendo activamente en agar papa glucosa (APG), con 7 días de antigüedad, se cortó un disco de micelio de 6 mm de diámetro y se transfirió al centro de placas de Petri de 9 cm de diámetro que contenían 20 ml de APG. A continuación, se colocaron cuidadosamente 9 semillas de maíz de la variedad Corteva C17C P1804 PWUE, tratadas con cada uno de los tratamientos anteriormente descriptos, aproximadamente a 4 cm desde el disco micelial hacia la periferia de la placa de Petri. Las semillas fueron asignadas arbitrariamente a las placas de Petri, y las placas fueron incubadas bajo un diseño experimental completamente al azar. Se incluyó un testigo con semillas no tratadas. La unidad experimental consistió en una placa de Petri conteniendo 9 semillas. Se incluyeron 24 placas o replicaciones por tratamiento (216 semillas en total). Las placas se incubaron a $24^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ con fotoperíodo de 12 hs de luz en una cámara de incubación Percival, modelo I-36LL (Percival Scientific Inc., Perry, IA). Después de siete días de incubación, se evaluaron las placas de Petri para determinar el diámetro de crecimiento micelial de cada patógeno, la incidencia (%) en semilla de *F. graminearum* y *F. verticillioide*s (cantidad de semillas en % que fueron infectadas por el inóculo sembrado) y la germinación de cada semilla. En función del diámetro se estimó





50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ



el porcentaje de control logrado por cada tratamiento. Se consideró una semilla germinada cuando emitió radícula y coleóptile.

Análisis de los resultados

Para analizar el diámetro de colonia, la incidencia en semilla y la germinación en placa se realizó un ANOVA con test de Tukey al 5% mediante el software INFOSTAT. Para analizar el poder germinativo de la semilla utilizada se aplicó el test de WILCOX en el entorno de R.

Resultados y discusión

Todos los tratamientos evaluados tuvieron un porcentaje de control de cada patógeno significativo respecto al testigo sin tratamiento. Los valores de porcentaje de control variaron entre 45.4% (bioestimulante) y 59.7% para el fungicida para Fv; y entre 57.0% (bioestimulante) y un 57.6% fungicida para Fg (Tabla 2, Figuras 1, 2, 3 y 4). No hubo diferencias estadísticas respecto al testigo sin tratar para el porcentaje de germinación en placa (radícula y plúmula) para todos los tratamientos evaluados.

En la semilla sin tratar, la incidencia de *F. verticilloides* y *F. graminearum* fue igual o superior al 90 y 88% respectivamente y 0% para el resto de ambos tratamientos. El poder germinativo fue de 98-99%, sin diferencias entre tratamientos (Tabla 2).

Fusarium verticillioides

El fungicida tuvo el mayor porcentaje de control (59.7%) superando al bioestimulante ($p < 0.05$).

Fusarium graminearum

Los tratamientos Bioestimulante y fungicida no se diferenciaron estadísticamente entre ellos, con porcentajes de control de 57.0% y 57.6%, respectivamente.

Un aspecto muy importante observado en el ensayo fue que el bioestimulante restringió el crecimiento micelial de ambas especies de *Fusarium* de manera notable, siendo mucho menos denso, de menor crecimiento interno, al compararlo con el micelio en el tratamiento con fungicida (Figuras N°3 y 4).

Tabla 2. Diámetro de colonia, porcentaje de control, incidencia (%) en semilla de *Fusarium*, porcentaje de germinación en placa y poder germinativo, promedio de 216 semillas de maíz enfrentadas a *Fusarium verticillioides* (Fv) y *Fusarium graminearum* (Fg), para los diferentes tratamientos evaluados. Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tukey, $p>0.05$).

<i>F. verticillioides</i> / Tratamiento	Diámetro Fv	Control (%) Fv	Incidencia (%) Fv	Germinación en placa (%)	Poder germinativo (%)
1. Testigo	70 c	0	90.7 b	100% a	99.0 a
2. Bioestimulante Ultra protect seed	38.2 b	45.4	0.0 a	100% a	98.0 a
3. Fungicida 100	28.2 a	59.7	0.0 a	100% a	99.0 a

<i>F. graminearum</i> / Tratamiento	Diámetro Fg	Control (%) Fg	Incidencia (%) Fg	Germinación en placa (%)	Poder germinativo (%)
1. Testigo	85.0 b	0.0	88.0 b	100% a	99.0 a
2. Bioestimulante Ultra protect seed	36.6 a	57.0	0.0 a	100% a	98.0 a
3. Fungicida 100	36.0 a	57.6	0.0 a	100% a	99.0 a



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

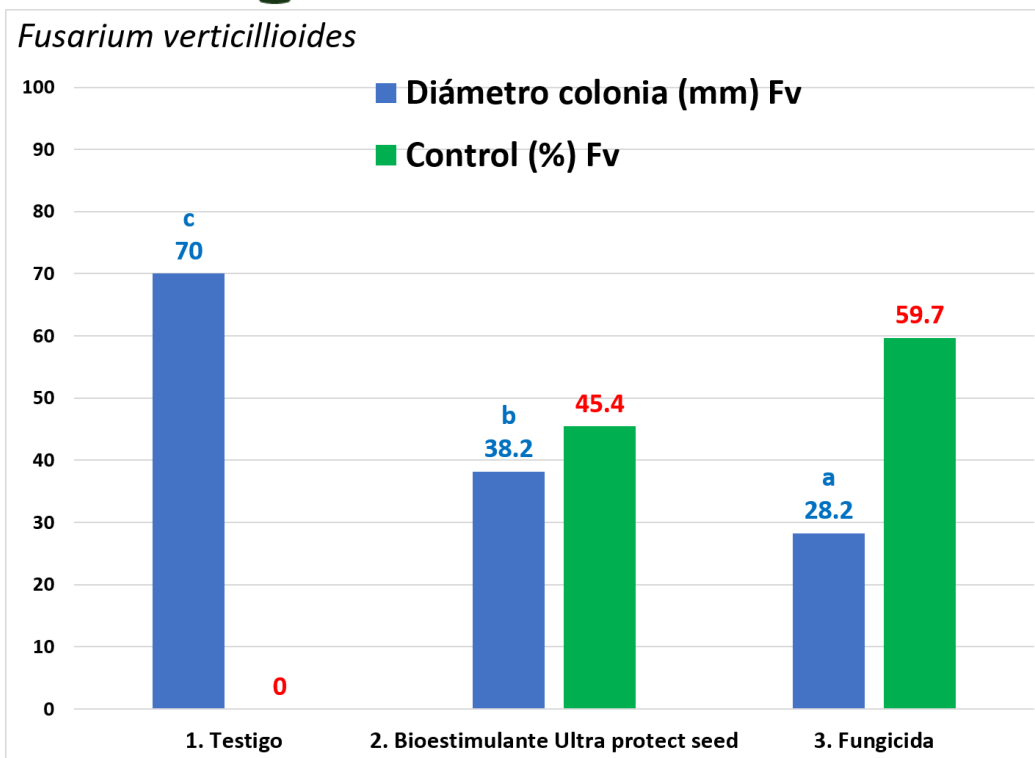


Figura N°1. Diámetro de colonia y porcentaje de control, para 216 semillas de maíz enfrentadas a *Fusarium verticillioides* (Fv), para los diferentes tratamientos evaluados. Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tuckey, $p > 0.05$).

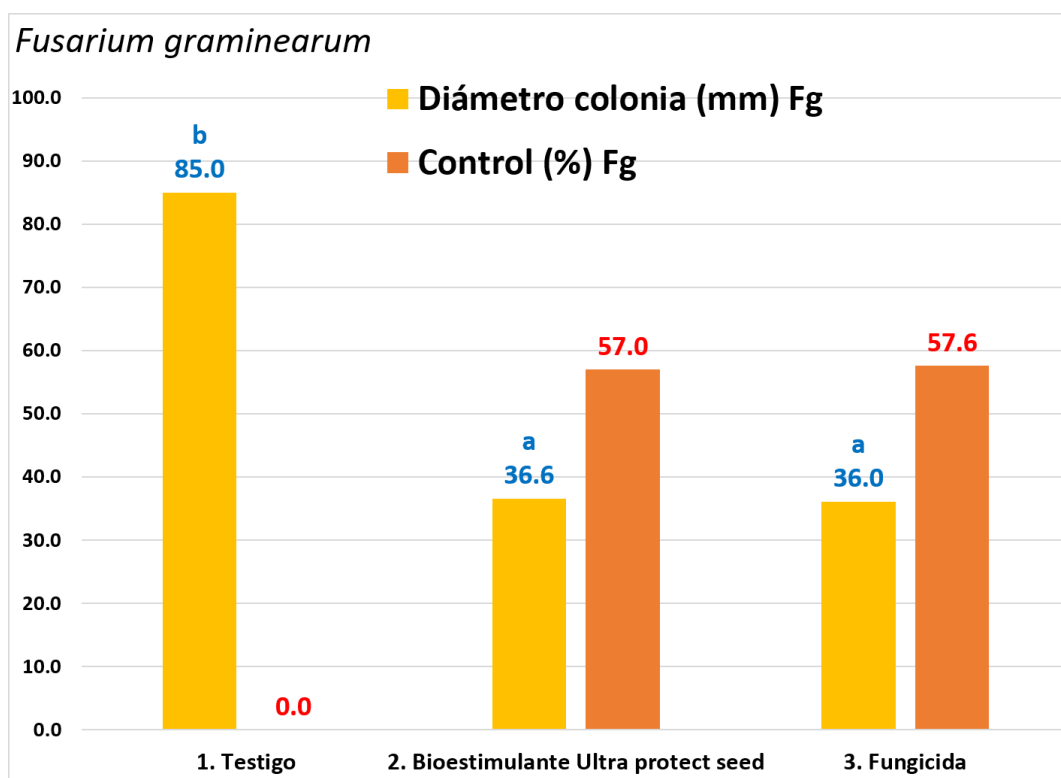


Figura N°2. Diámetro de colonia y porcentaje de control, para 216 semillas de maíz enfrentadas a *Fusarium graminearum* (Fg), para los diferentes tratamientos evaluados.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tuckey, $p > 0.05$).



Figura N°3. Figura ejemplificativa de los diferentes tratamientos, donde se observa diámetro de colonia de *Fusarium verticillioides* e incidencia de *F. graminearum* en semilla. En total se evaluaron 216 semillas de maíz enfrentadas a *Fusarium verticillioides*.

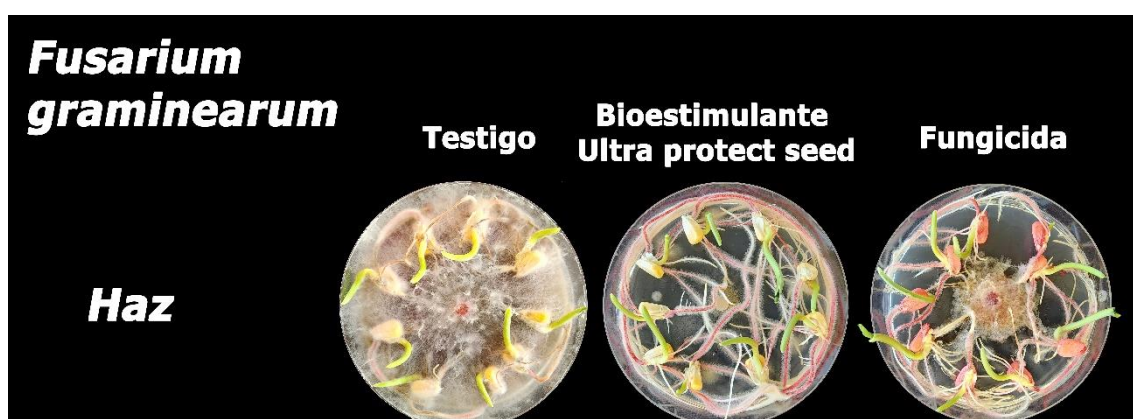


Figura N°4. Figura ejemplificativa de los diferentes tratamientos, donde se observa diámetro de colonia e incidencia de *F. graminearum* en semilla. En total se evaluaron 216 semillas de maíz enfrentadas a *F. graminearum*.

Conclusiones

El bioestimulante **Ultra Protect Seed** logró niveles de control similares a los del fungicida convencional frente a *F. graminearum* y una eficacia cercana frente a *F. verticillioides*.

Además, restringió notablemente el crecimiento micelial de ambas especies de *Fusarium*, produciendo un micelio menos denso que el observado incluso con el tratamiento fungicida.

Ninguno de los tratamientos produjo efectos fitotóxicos ni afectó el poder germinativo de las semillas de maíz.

Se requieren estudios adicionales para evaluar diferentes dosis del bioestimulante y su uso en combinación con fungicidas.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

Este es el primer reporte de control de especies de *Fusarium spp.* en semillas mediante el uso de un bioestimulante .

Apoyo financiero: El presente trabajo fue financiado por la Universidad de Buenos Aires (Proyecto UBACyT 20020220100114BA). Los autores agradecen la colaboración técnica de la empresa Spraytec Argentina

Referencias

- Caradonia, F.; Battaglia, V.; Righi, L.; Pascali, G.; La Torre, A. 2019. Plant biostimulant regulatory framework: Prospects in Europe and current situation at international level. *Journal of Plant Growth Regulation*. 38: 438-448.
- Carmona, M.A.; Simonetti, E.; Ravotti, M.E.; Scandiani, M.M.; Luque, A.G.; Formento, N.A.; Sautua, F.J. 2017. In vitro antifungal/fungistatic activity of manganese phosphite against soybean soil-borne pathogens. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*. 86: 265-269.
- Carmona, M.A.; Sautua, F.J.; Grijalba, P.E.; Cassina, M.; Pérez-Hernández, O. 2018. Effect of potassium and manganese phosphites in the control of *Pythium damping-off* in soybean: A feasible alternative to fungicide seed treatments. *Pest Management Science*. 74: 366-374.
- Carmona, M.A.; Pérez-Pizá, M.C.; Ariso, E.; Sautua, F.J. 2025. Bioestimulantes en agricultura: conceptos, aplicaciones y desafíos. Carmona, M.A. (Ed.). 1.ª edición especial. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora. ISBN 978-631-00-7853-3.
- da Silva Junior, M.B.; de Resende, M.L.V.; Pozza, E.A.; Resende, A.R.; Vasconcelos, V.A.M.; Monteiro, A.C.A.; Silveira, G.C.D.; dos Santos Botelho, D.M. 2021. Phosphites for the management of anthracnose in soybean pods. *Journal of Plant Pathology*. 103: 611-617.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196: 3-14.
- Einhardt, A.M.; Souza, G.M.F.; Silveira, P.R.; Rodrigues, F.A. 2020. Potassium, calcium, and zinc phosphites on white mold control in soybean. *Bragantia*. 79: 417-424.
- Feldmann, F.; Jehle, J.; Bradáčová, K.; Weinmann, M. 2022. Biostimulants, soil improvers, bioprotectants: Promoters of bio-intensification in plant production. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 129: 707-713.
- Gill, U.S.; Sun, L.; Rustgi, S.; Tang, Y.; von Wettstein, D.; Mysore, K.S. 2018. Transcriptome-based analyses of phosphite-mediated suppression of rust pathogens *Puccinia emaculata* and *Phakopsora pachyrhizi* and functional characterization of selected fungal target genes. *The Plant Journal*. 93: 894-904.
- Guo, M.; Li, B.; Xiang, Q.; Wang, R.; Liu, P.; Chen, Q. 2021. Phosphite translocation in soybean and mechanisms of *Phytophthora sojae* inhibition. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 172: 104757.
- Mohammadi, M.A.; Cheng, Y.; Aslam, M.; Jakada, B.H.; Wai, M.H.; Ye, K.; He, X.; Luo, T.; Ye, L.; Dong, C.; Hu, B.; Priyadarshani, S.V.G.N.; Wang-Pruski, G.; Qin, Y. 2021. ROS and oxidative response systems in plants under biotic and abiotic stresses: Revisiting the crucial role of phosphite-triggered plant defense response. *Frontiers in Microbiology*. 12: 631318.
- Vilela, A.E.; de Resende, M.L.V.; de Medeiros, F.C.L.; de Brito Pereira, M.H.; Santiago, W.D.; de Azevedo Santos, L.; dos Santos Botelho, D.M.; Ramalho, T.C. 2022. Association phosphite × fungicide: Protection against powdery mildew in soybean plants, translocation and computer simulation. *Journal of Plant Pathology*. 104: 787-793.