



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

ACTIVIDAD DE BIOCONTROL DE *Bacillus velezensis* EM-A8 FRENTE A *Exserohilum turcicum* EN MAÍZ BAJO CONDICIONES DE EPIDEMIA NATURAL

De Rossi, R.L.¹; Guerra, F.A.^{1,4}; Lábaque, M.J.¹; Plazas, M.C.^{1,5}; Valentinis, F.¹; Zin, F.¹; Guerra, G.D.¹; Sartori, M.^{2,3}; Fessia, A.^{2,3}; Perassi, N.²; Barros, G.^{2,3} y Nesci, A.^{2,3}

¹Laboratorio de Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba. Córdoba, Argentina. ²Laboratorio de Ecología Microbiana. Dpto. de Microbiología e Inmunología. Facultad de Ciencias Exactas Físico Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba. Argentina. ³Instituto de Ciencias de la Tierra, Biodiversidad y Ambiente (ICBIA), CONICET-UNRC. Río Cuarto, Córdoba. Argentina. ⁴GDM Argentina. ⁵Agro Bayer. Contacto: roberto.derossi@ucc.edu.ar

BIOCONTROL ACTIVITY OF *Bacillus velezensis* EM-A8 AGAINST *Exserohilum turcicum* IN MAIZE UNDER NATURAL EPIDEMIC CONDITIONS

ABSTRACT. Northern Corn Leaf Blight (NCLB), caused by *Exserohilum turcicum*, is one of the most important foliar diseases of maize in Argentina. The objective of this study was to evaluate the biocontrol activity of *Bacillus velezensis* EM-A8 on the epidemic progress of NCLB under natural epidemic conditions, comparing its performance with an untreated control and the fungicide Amistar Xtra as a chemical reference. The phytotoxic potential of *B. velezensis* EM-A8 was also assessed. The 2025/26 growing season provided highly favorable environmental conditions for disease development, allowing the establishment of a natural epidemic suitable for treatment evaluation. Disease severity was assessed at four evaluation dates, and the area under the disease progress curve (AUDPC) was calculated. *B. velezensis* EM-A8 significantly reduced both disease severity and epidemic progress compared with the untreated control. The highest level of biological control was achieved with two applications (V12 + VT), which reduced final disease severity by 45.9% and AUDPC by 62.2%. Although disease suppression remained lower than that obtained with the reference fungicide, the double application achieved approximately 77% of the fungicide's AUDPC reduction. No phytotoxic effects were observed. These results demonstrate the biocontrol potential of *B. velezensis* EM-A8 under natural epidemic conditions and support its use as a complementary tool within integrated disease management programs for maize.

Keywords: disease progress, AUDPC, biological fungicides, integrated disease management

Palabras clave: progreso de la enfermedad, ABCPE, biofungicidas, manejo integrado de enfermedades

INTRODUCCIÓN

Entre las principales limitantes sanitarias del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Argentina se encuentran las enfermedades foliares, cuya incidencia y severidad dependen de factores como la susceptibilidad genética del híbrido, la fecha de siembra,



el sistema de cultivo y las condiciones ambientales. En la región centro-norte de Córdoba, las enfermedades predominantes son la roya común (*Puccinia sorghi*), el tizón foliar común (*Exserohilum turcicum*) y la cercosporiosis (*Cercospora* spp.) (De Rossi y col., 2018). En campañas favorables para su desarrollo, estas enfermedades pueden ocasionar pérdidas de rendimiento de entre el 10 y el 40 % (Formento, 2010; De Rossi, 2020).

La aplicación de fungicidas foliares constituye una de las principales herramientas para el manejo del tizón foliar común (TFC). Sin embargo, la creciente demanda de sistemas agrícolas más sustentables, junto con la necesidad de diversificar las estrategias de manejo para disminuir la dependencia de fungicidas de síntesis química, ha impulsado el desarrollo de agentes de control biológico como complemento dentro de programas de manejo integrado de enfermedades.

En este contexto, el Laboratorio de Ecología Microbiana de la Universidad Nacional de Río Cuarto viene desarrollando durante los últimos años una línea de investigación orientada a la selección y caracterización de microorganismos antagonistas de *E. turcicum*. Diversos estudios demostraron la capacidad antagonista de aislamientos bacterianos sobre el patógeno en ensayos *in vitro*, evaluaron su eficacia en condiciones controladas, analizaron sus posibles mecanismos de acción y estudiaron su tolerancia a diferentes condiciones ambientales (Sartori y col., 2015; Sartori y col., 2017a,b; Sartori y col., 2020; Fessia y col., 2022, 2024). Más recientemente, *Bacillus velezensis* EM-A8 mostró resultados promisorios como agente de biocontrol y promotor del crecimiento vegetal en ensayos de campo (Grossi Vanacore y col., 2025).

Aún con estos avances, todavía existe información limitada acerca del desempeño de *Bacillus velezensis* EM-A8 frente a epidemias naturales de *Exserohilum turcicum*, así como sobre la influencia que la frecuencia de aplicación puede ejercer sobre su eficacia de biocontrol. La validación de estos agentes biológicos bajo condiciones de epidemia natural constituye un paso indispensable para definir su potencial incorporación dentro de programas de manejo integrado de enfermedades. En ese marco se encuadra el presente trabajo de cooperación entre la Universidad Católica de Córdoba y la Universidad Nacional de Río Cuarto.

La campaña agrícola 2025/26 presentó condiciones ambientales altamente favorables para el desarrollo del TFC, con precipitaciones superiores a la media durante gran parte del ciclo del cultivo y ausencia de estrés hídrico significativo. Este escenario generó una presión natural de enfermedad adecuada para evaluar el comportamiento sanitario de los tratamientos ensayados.

OBJETIVOS

Evaluar el potencial de biocontrol de *Bacillus velezensis* EM-A8 sobre el progreso epidémico del TFC, comparándolo con un testigo sin tratar y con Amistar Xtra como fungicida químico de referencia.

Determinar si la cepa *B. velezensis* EM-A8 produce efectos de fitotoxicidad en el cultivo.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del inóculo: se transfirió una colonia de *B. velezensis* EM-A8 proveniente de agar nutritivo (AN) a un medio líquido a base de extracto de levadura (10 g/L) y melaza (5 g/L) con una actividad de agua (a_w) ajustada a 0,97 mediante glicerol (Sartori y col., 2026), se incubó a 30 °C y 140 rpm en agitador orbital (BM081, Biomint, Argentina) durante 24 h.

Localidad y cultivar: el ensayo fue conducido en la localidad de General Paz, Córdoba, dentro del establecimiento Don Julio, coordenadas: -31.167824, -64.160853; sobre cultivo de maíz, en el híbrido **KM 3916 Vip3**, sembrado el **10-01-2026**, con una densidad de 6 pl /m², a una distancia entre hileras de 0,52 m, en condición de secano, sobre rastrojo de maíz.

Diseño experimental y tecnología de aplicación: los tratamientos fueron dispuestos en microparcels de 13,5 m² (4 surcos de ancho a 0,52 m x 6,5 m de largo), en un diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Se aplicó con mochila pulverizadora de presión constante mediante CO₂, con botallón de 2 m de ancho aplicación, provisto de 4 picos cono hueco 8002, asperjando un volumen de caldo de 115 litros por hectárea.

Tratamientos: el protocolo constó de seis tratamientos que se detallan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Tratamientos, dosis y momento de aplicación

N°	Tratamiento*	Momento de aplicación	Dosis (mL ha ⁻¹)
1	Testigo	-	
2	<i>B. velezensis</i> EM-A8 - V12	V12	2000
3	Amistar Xtra - V12	V12	500
4	<i>B. velezensis</i> EM-A8 - V12 + Vt	V12 + Vt	2000 + 2000
5	Amistar Xtra - Vt	Vt	500
6	Amistar Xtra - Vt + <i>B. velezensis</i> EM-A8 - Vt	Vt	500 + 2000

*a todos los tratamientos se les agregó el coadyuvante Rizospray a la dosis de 200 cc/ha

Evaluaciones Sanitarias: se realizó el acompañamiento del lote de ensayo, haciendo visitas periódicas para determinar el momento óptimo para la aplicación de los tratamientos. Se evaluaron las siguientes variables:

Severidad media (porcentaje visual de área foliar afectada), medida en las hojas de mayor importancia del cultivo, siendo las mismas las últimas cuatro hojas completamente desplegadas en estados fenológicos vegetativos y en las hojas de la espiga, dos superiores y dos inferiores (he, he+1, he+2, he-1 y he-2) en los estados fenológicos reproductivos. El porcentaje de tejido foliar infectado por TFC fue estimado usando la escala desarrollada por De Rossi (2020). La misma se realizó en cinco plantas por parcela de cada repetición, donde se descartaron las hojas incompletamente desarrolladas y las que presentaban más del 50 % de senescencia.

Las evaluaciones de severidad fueron realizadas a 0, 14, 28 y 42 días desde la aplicación inicial (DDA), asociadas a los estadios V12, VT, R2 y R4. Con los datos de

severidad, se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) mediante el método trapezoidal (March y col., 2012).

El porcentaje (%) de control se calculó mediante la fórmula: $[(\% \text{ severidad testigo} - \% \text{ severidad tratamiento}) / \% \text{ severidad testigo}] * 100$. De la misma manera se realizó para el ABCPE.

Fitotoxicidad: a los 15 DDA se evaluó la posible generación de síntomas de fitotoxicidad en el cultivo, utilizando como referencia la escala de fitotoxicidad propuesta por la European Weed Research Society, con valores de 0-100 de porcentaje de daño en la parcela.

Análisis estadístico: todos los resultados fueron analizados estadísticamente mediante análisis de la varianza y test de diferenciación de medias LSD Fisher (5 %), utilizando el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo y col., 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales.

La campaña agrícola 2025/26 presentó condiciones altamente favorables para el desarrollo del TFC. Luego de un breve período seco durante los primeros estadios vegetativos, las precipitaciones y la humedad ambiental se mantuvieron elevadas durante gran parte del ciclo del cultivo, mientras que las temperaturas permanecieron dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de *E. turcicum* (**Figura 1**). Estas condiciones permitieron el establecimiento de una epidemia natural de intensidad baja a intermedia, generando un escenario adecuado para evaluar el comportamiento de los tratamientos ensayados.

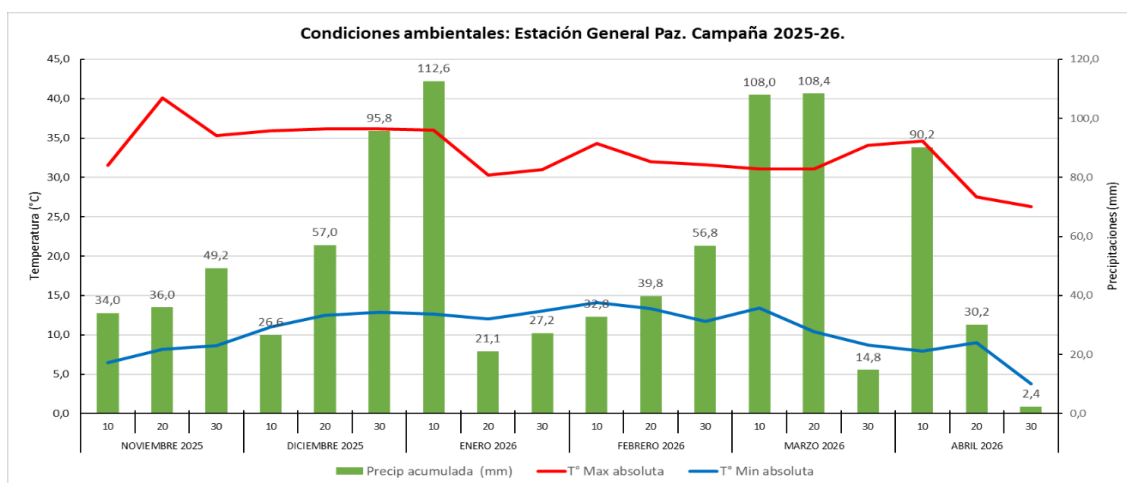


Figura 1. Registro de condiciones ambientales durante la campaña agrícola 2025-26 en la estación meteorológica del establecimiento Don Julio, localidad de General Paz, perteneciente a la red de estaciones de la Bolsa de Cereales de Córdoba.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

Desarrollo epidémico del tizón foliar común.

Al momento de la primera aplicación (V12), el TFC ya se encontraba establecido en las hojas inferiores del cultivo. Hacia la segunda aplicación (VT), los síntomas habían progresado hacia el estrato foliar de mayor importancia fotosintética, iniciándose el desarrollo de la epidemia sobre las hojas cercanas a la espiga. En el tratamiento testigo, la enfermedad continuó incrementándose hasta alcanzar una severidad final promedio de 2,43 %, con numerosas hojas que superaron individualmente el 5 % de severidad, confirmando la existencia de una presión epidémica suficiente para discriminar el efecto de los tratamientos (Figura 2).

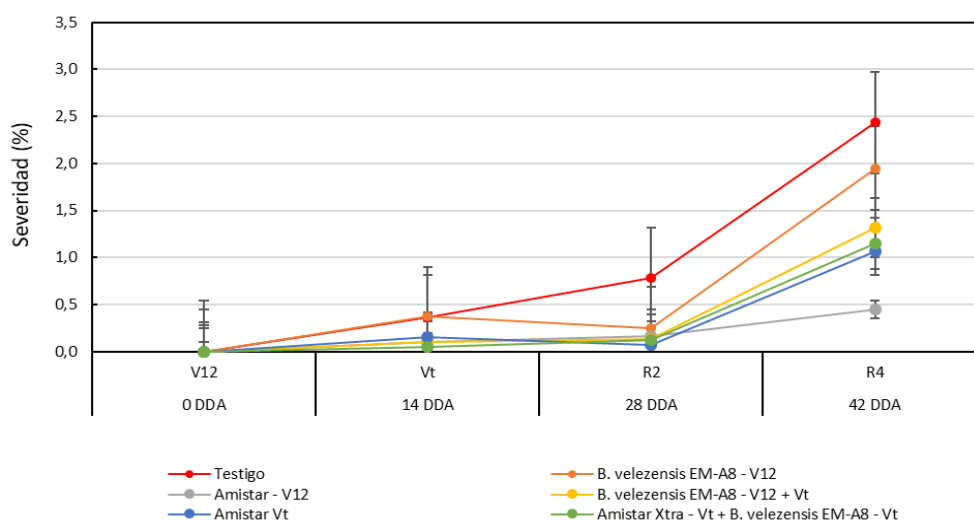


Figura 2: Curvas de avance del tizón foliar común en los tratamientos realizados (media $\pm$ EE).

Efecto de los tratamientos sobre el progreso de la enfermedad.

Los tratamientos modificaron significativamente el progreso epidémico del TFC, tanto para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE; $p < 0,0001$) como para la severidad final ($p < 0,0001$).

El fungicida de referencia (Amistar Xtra, azoxistrobina 20 % + ciproconazole 8 %), aplicado de manera temprana (estado fenológico V12) presentó el mayor nivel de control, alcanzando una reducción del 81,5 % de la severidad final y del 79,2 % del ABCPE respecto del testigo, constituyendo el tratamiento de mayor eficacia del ensayo.

La aplicación del fungicida en VT también redujo significativamente el desarrollo de la enfermedad, aunque con menor eficacia que la aplicación realizada en V12. Estos resultados indican que el momento de aplicación fue un componente determinante del nivel de control alcanzado, evidenciando la importancia de intervenir durante las etapas iniciales del desarrollo epidémico (Tabla 2; Figuras 2 a 4).

Actividad de biocontrol de *Bacillus velezensis* EM-A8

Más allá de confirmar la actividad biológica de *B. velezensis* EM-A8 en condiciones de epidemia natural, uno de los principales hallazgos del presente estudio fue demostrar que la repetición de la aplicación incrementó sustancialmente su eficacia de control.

Bacillus velezensis EM-A8 presentó actividad de biocontrol sobre *E. turcicum* en condiciones de epidemia natural. La aplicación única realizada en V12 produjo una reducción parcial del desarrollo de la enfermedad, mientras que la doble aplicación (V12 + VT) incrementó significativamente su eficacia, reduciendo la severidad final en un 45,9 % y el ABCPE en un 62,2 % respecto del testigo. Este tratamiento se ubicó dentro del grupo estadístico superior para ABCPE y mostró un comportamiento similar al obtenido con la aplicación tardía del fungicida de referencia (**Tabla 2; Figuras 2 a 4**).

El incremento observado entre una y dos aplicaciones sugiere que la frecuencia de aplicación constituye un componente importante para maximizar la eficacia del agente biológico bajo condiciones de campo, posiblemente debido a la necesidad de mantener un nivel poblacional elevado del antagonista sobre el follaje durante el avance de la epidemia.

Este comportamiento coincide con estudios previos realizados con agentes de biocontrol foliares, donde la persistencia del microorganismo sobre la superficie de la hoja constituye uno de los principales factores que determinan su eficacia bajo condiciones ambientales variables (Sartori et al., 2020).

Aunque la eficacia de *B. velezensis* EM-A8 fue inferior a la obtenida con el fungicida de síntesis química, la doble aplicación alcanzó aproximadamente el 77 % del control del ABCPE logrado por la aplicación temprana de Amistar Xtra (62,2 vs. 79,2 %), evidenciando que *B. velezensis* EM-A8 constituye una alternativa promisorio para complementar el manejo químico del TFC dentro de programas de manejo integrado.

La incorporación simultánea de *B. velezensis* EM-A8 junto con la aplicación tardía del fungicida (tratamiento 6) no produjo mejoras respecto del fungicida aplicado solo.

Tabla 2. Desarrollo del tizón foliar común del maíz en los tratamientos realizados, área bajo la curva de progreso de la enfermedad y porcentajes de control obtenidos.

Tratamientos	Severidad de Tizón Foliar Común (%)						Control	
	0 DDA	14 DDA	28 DDA	42 DDA	ABCPE		S (%)	ABCPE
	V12	Vt	R2	R4				
1 Testigo	0,00	0,36	0,78	2,43	d	33,06	c	-
2 <i>B. velezensis</i> EM-A8 - V12	0,00	0,38	0,25	1,95	cd	22,40	b	19,86
3 Amistar - V12	0,00	0,10	0,17	0,45	a	6,88	a	81,51
4 <i>B. velezensis</i> EM-A8 - V12 + Vt	0,00	0,10	0,13	1,32	bc	12,48	a	45,89
5 Amistar Vt	0,00	0,15	0,08	1,07	ab	10,61	a	56,23
6 Amistar Xtra - Vt + <i>B. velezensis</i> EM-A8 - Vt	0,00	0,05	0,13	1,15	b	10,50	a	52,74
Promedio				1,39		15,99		51,25
								61,96

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

*SF: severidad final. ABCPE: área bajo la curva de progreso de la enfermedad.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

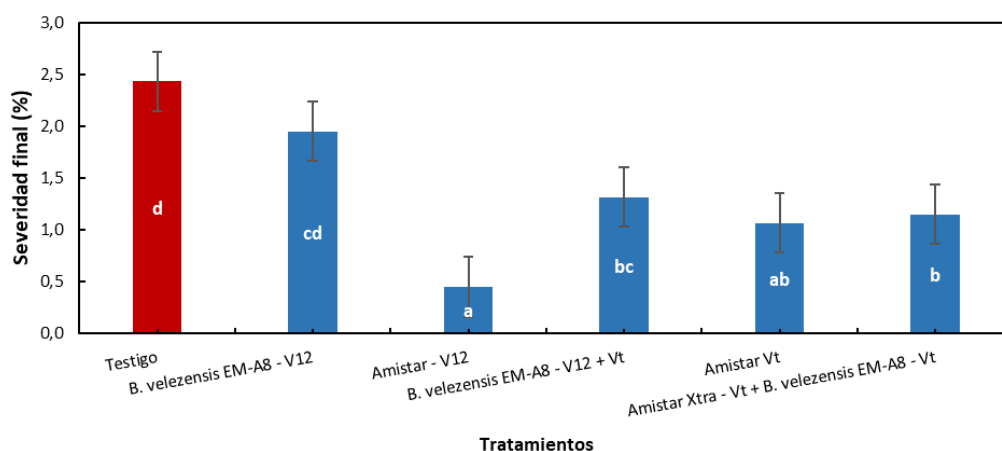


Figura 3: Severidad final (%) de tizón foliar común. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (test de LSD Fisher, $p > 0,05$). Barras en las columnas indican error estándar.

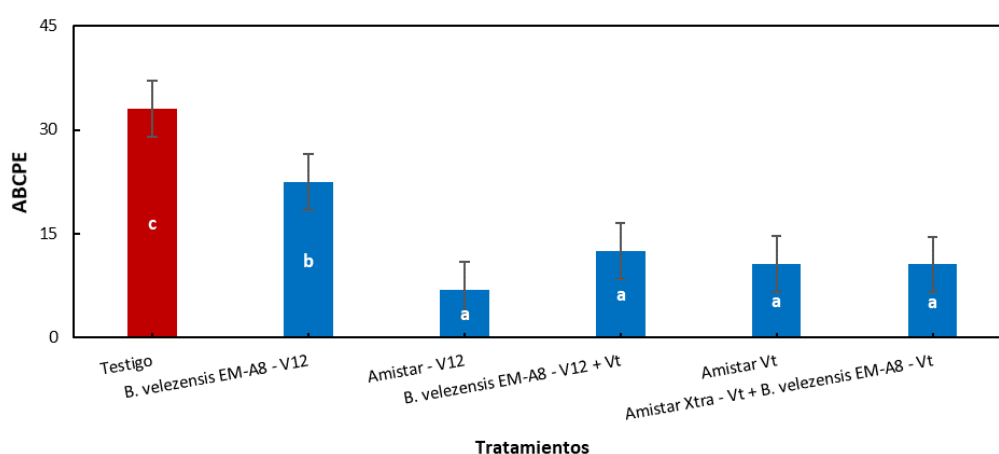


Figura 4: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de tizón foliar común. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (test de LSD Fisher, $p > 0,05$). Barras en las columnas indican error estándar.

Fitotoxicidad y condición de cultivo.

No se observaron síntomas de fitotoxicidad en ninguno de los tratamientos evaluados, tanto a los 15 días posteriores a la aplicación como durante el resto del ciclo del cultivo. Asimismo, todos los tratamientos mantuvieron una muy buena condición general del cultivo, indicando que las aplicaciones realizadas fueron compatibles con el desarrollo normal de las plantas.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

CONCLUSIONES

El TFC se desarrolló bajo condiciones ambientales altamente favorables, permitiendo una adecuada discriminación entre tratamientos.

Bacillus velezensis EM-A8 redujo significativamente el progreso epidémico respecto del testigo, confirmando actividad de biocontrol bajo condiciones de campo.

La doble aplicación incrementó la eficacia respecto de una única aplicación, indicando que la frecuencia de aplicación constituye un componente crítico del desempeño del agente biológico.

Aunque el control fue inferior al alcanzado por el fungicida de referencia, los resultados demuestran que *B. velezensis* EM-A8 constituye una alternativa promisorio para complementar el manejo químico del TFC, especialmente cuando se implementan programas con aplicaciones repetidas o como complemento dentro de programas de manejo integrado.

BIBLIOGRAFÍA

- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Plazas, M.C.; Vuletic, E.; Brücher, E.; Guerra, G. (2018). Estrategias de manejo químico de la rabia del garbanzo (*Ascochyta rabiei*). Notas de Sanidad Vegetal, ISSN: 2591-6238.
- De Rossi (2020). Aportes epidemiológicos para la generación de herramientas de manejo del tizón foliar común del maíz (*Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard & Suggs). Universidad Católica de Córdoba (Argentina).
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. (2010). InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Fessia, A.S.; Ponzio, R.; Arcibia, L.; Barros, G.; Nesci, A. (2024). Effects of different light wavelengths on *Bacillus subtilis* and *Bacillus velezensis*, two biocontrol agents isolated from the maize phyllosphere. Archives of Microbiology 206, 104 <https://doi.org/10.1007/s00203-024-03836-5>
- Fessia, A.; Sartori, M.; García, D.; Fernández, L.; Ponzio, R.; Barros, G.; Nesci, A. (2022). *In vitro* studies of biofilm-forming *Bacillus* strains, biocontrol agents isolated from the maize phyllosphere. Biofilm 4, 100097.
- Formento, A. (2010). Enfermedades foliares reemergentes del cultivo de maíz: Royas (*Puccinia soghi* y *Puccinia polysora*), Tizón foliar (*Exserohilum turcicum*) y Mancha ocular (*Kabatiella zeae*). INTA Paraná. www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccionvegetal/maiz/enfermedad
- Grossi Vanacore, M.F.; Sartori, M.; Giordanino, F.; Barros, G.; García, D. (2025). Dual role of *Bacillus velezensis* EM-A8 in maize: biocontrol of *Exserohilum turcicum* and enhancement of plant growth. Plants 14, 3464. <https://doi.org/10.3390/plants14223464>.
- Sartori, M.; García, D.; Grossi Vanacore, M.F.; Fessia, A.; Nesci, A. (2026). Biofungicide Formulation Based on *Bacillus velezensis* EM-A8 for Control of Maize Foliar Diseases. Rev. FCA UNCuyo 58(1): 1-9
- Sartori, M.; Bonacci, M.; Barra, P.; Fessia, A.; Etcheverry, M.; Nesci, A.; Barros, G. (2020). Studies on possible modes of action and tolerance to environmental stress conditions of different biocontrol agents of foliar diseases in maize. Agricultural Sciences 11: 552-566.
- Sartori, M.; Nesci, A.; Formento, A.; Etcheverry, M. (2015). Selection of potential biological control of *Exserohilum turcicum* with epiphytic microorganisms from maize. Revista Argentina de Microbiología 47(1): 62-71.
- Sartori, M.; Nesci, A.; García, J.; Passone, M.; Montemarani, A.; Etcheverry M. (2017a). Efficacy of epiphytic bacteria to prevent northern leaf blight caused by *Exserohilum turcicum* in maize. Revista Argentina de Microbiología 49(1): 75-82.
- Sartori, M.; Nesci, A.; Montemarani, A.; Barros, G.; García, J.; Etcheverry M. (2017b). Preliminary evaluation of biocontrol agents against maize pathogens *Exserohilum turcicum* and *Puccinia sorghi* in field assays. Agricultural Sciences 8: 1003-1013.