

# INOCULACIÓN CON MICORRIZAS EN MAÍZ

## EVALUACIÓN BAJO DIFERENTES NIVELES TECNOLÓGICOS Y DOSIS DE NITRÓGENO

### Proyecto Regional Agrícola. Campaña 2009/10

**Ings. Agrs. Gustavo Ferraris y Lucrecia Couretot**

*Proyecto Regional Agrícola-CERBAN. Area de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino.*

*Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino*

*[nferraris@pergamino.inta.gov.ar](mailto:nferraris@pergamino.inta.gov.ar)*

### Introducción

Los tratamientos biológicos en cultivos extensivos están alcanzando una difusión creciente sobre la base de numerosos beneficios otorgados a los cultivos dentro de los cuales se puede mencionar 1. Incremento en el crecimiento temprano de la planta. 2. Mayor tolerancia a patógenos como Rhizoctonia, Fusarium y Aspergillus, por una activación de las defensas naturales de las plantas. La mayor tolerancia de las plantas a patógenos a causa de un mejor estado nutricional ha sido denominada *trofobiosis*, y se han postulado varios mecanismos fisiológicos para explicarla 3. Mayor tolerancia a plagas, por una activación de mecanismos propios de defensa y repelencia. 4. Solubilización y adquisición facilitada de agua y nutrientes, especialmente aquellos de bajo movilidad como fósforo (P) y 5. Incremento en la tasa de crecimiento en etapas críticas del cultivo, lo cual se manifiesta en mayores rendimientos. Según el microorganismo involucrado prevalecen mecanismos defensivos o de promoción, pero todos tienen como objetivo final mejorar la producción de los cultivos.

Los objetivos de este trabajo fueron 1) Evaluar el efecto de un tratamiento biológico que contiene Micorrizas en su formulación y 2) Estudiar la interacción con diferentes niveles tecnológicos que incluyeron la fertilización fósforo azufrada, el uso de fungicidas y la oferta de nitrógeno. Hipotetizamos que el promotores biológicos de crecimiento ensayado, en conjunto con un adecuado nivel nutricional, tienen la capacidad para promover la acumulación temprana de biomasa e incrementar la tasa de crecimiento de cultivo impactando finalmente en los rendimientos, a la vez de ser amigables con el medio ambiente.

**Palabras clave:** *Micorrizas, fertilización nitrogenada, nivel tecnológico, rendimiento.*

### Materiales y métodos:

El ensayo se implantó en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, el día 23 de setiembre de 2009 en SD. El sitio experimental registra una rotación agrícola continua, siendo el antecesor la secuencia trigo/soja de primera. El cultivar sembrado fue Nidera Ax878MG. El diseño del ensayo correspondió a bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron tratamientos de semilla combinados en un factorial completo con **niveles tecnológicos** 1.PS0, fungicida 0 y 2. P20 S15, fungicida foliar en V9 y **niveles de fertilización nitrogenada** 1. 50 kgN ha<sup>-1</sup> y 2. 115 kgN ha<sup>-1</sup> aplicados como urea granulada a la siembra. Los tratamientos evaluados se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1:** *Tratamientos biológicos de semillas en maíz bajo dos niveles de fertilización nitrogenada. Pergamino, campaña 2009/10.*

Tratamiento	Tratamientos biológicos	Nivel tecnológico Dosis PS ( kg ha <sup>-1</sup> )	Dosis N ( kg ha <sup>-1</sup> )
T1	Testigo	PS0 – sin fungicida	N 50 kg/ha
T2	Crinigan Maíz 8g kg <sup>-1</sup>	PS0 – sin fungicida	N 50 kg/ha
T3	Testigo	P20 – S15 – fungicida foliar	N 50 kg/ha
T4	Crinigan Maíz 8g kg <sup>-1</sup>	P20 – S15 – fungicida foliar	N 50 kg/ha
T5	Testigo	PS0 – sin fungicida	N 115 kg/ha
T6	Crinigan Maíz 8g kg <sup>-1</sup>	PS0 – sin fungicida	N 115 kg/ha
T7	Testigo	P20 – S15 – fungicida foliar	N 115 kg/ha
T8	Crinigan Maíz 8g kg <sup>-1</sup>	P20 – S15 – fungicida foliar	N 115 kg/ha

El inoculante evaluado se denomina Crinigan Maíz de Laboratorios Crinigan SA, el cual contiene *Beijerinckia fluminensis* ( $9,8 \times 10^6$  g<sup>-1</sup> de soporte); *Saccharomyces* spp ( $1 \times 10^5$  g<sup>-1</sup> de soporte) y (*Endogone* spp:  $1 \times 10^6$  g<sup>-1</sup> de soporte). El fungicida utilizado fue Opera (Pyraclostrobin + Cyproconazole) a la dosis de 0,7 l ha<sup>-1</sup> aplicado en el estado de 9 hojas expandidas (V9). Las fuentes utilizadas para lograr los diferentes niveles de P, S y N fueron Superfosfato triple de calcio (0-20-0), Sulfato de calcio (0-0-0-S18) y Urea granulada (46-0-0), respectivamente.

Al momento de la siembra se tomaron muestras de suelo, y sobre las mismas se realizó un análisis químico cuyos resultados se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2:** *Análisis de suelo a la siembra del ensayo.*

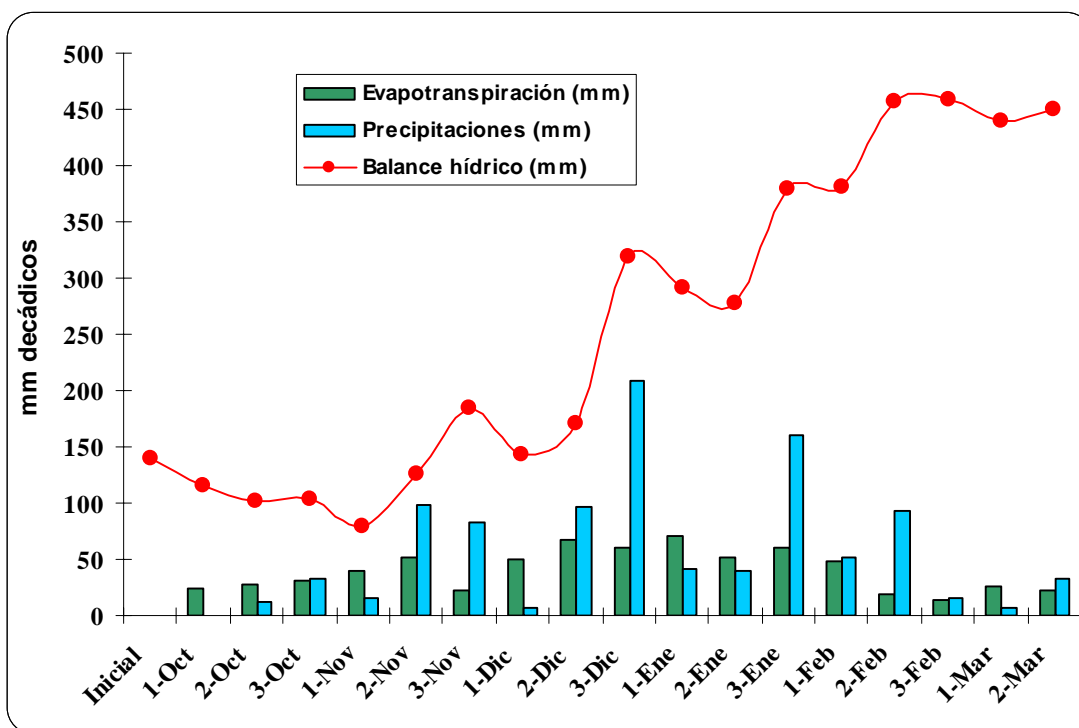
Prof. (cm)	MO (%)	CE CE dS m <sup>-1</sup>	pH	Ntotal	P Bray ppm	N-Nitratos ppm 0-60 cm	N-Nitratos kg/ha 0-60 cm	S-SO4 ppm
0-20	2,98	0,073	5,6	0,149	18,3	11,0	27,5	3,0
20-40						5,0	12,5	2,0
40-60						2,5	6,3	

**46,3 kgN**

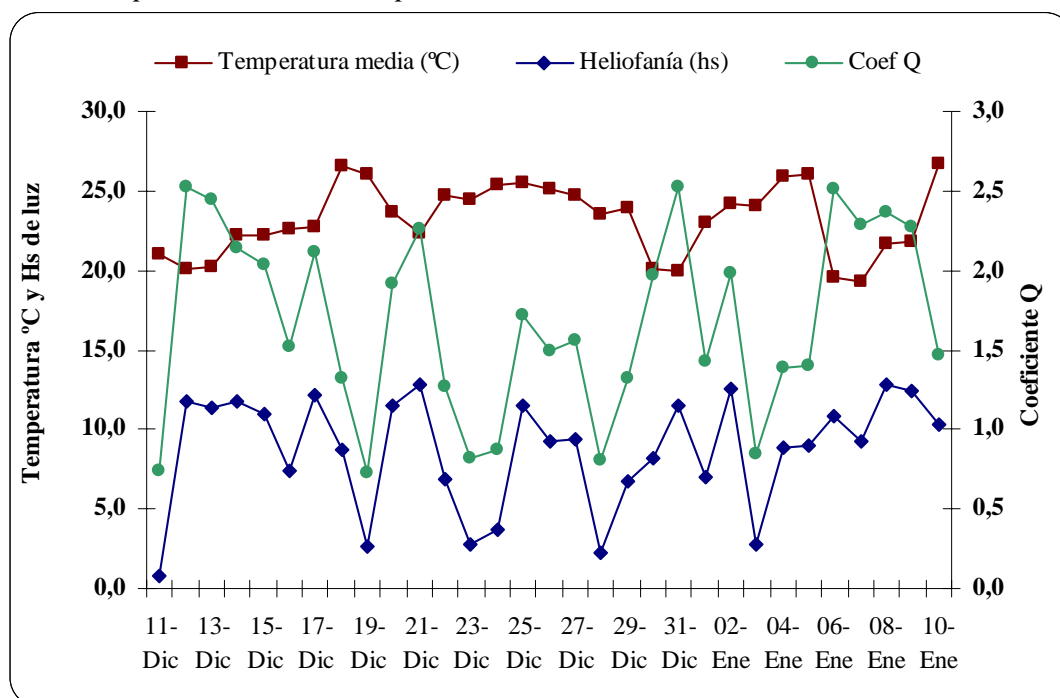
Como variable de diagnóstico, se evaluó la biomasa acumulada en planta y raíz en el estado de ocho hojas expandidas, el índice de vigor y el contenido de N por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502, el cual determina la intensidad de verde mediante una lectura adimensional no destructiva. Se evaluó además, el número de hojas activas y senescentes, y la cobertura del cultivo mediante toma y procesamiento de imágenes digitales con el programa CobCal V1. La recolección se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una muestra de grano se determinaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (PG) de los granos.

### Condiciones ambientales en el sitio experimental

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones determinadas en el sitio experimental y la evapotranspiración del cultivo, así como el balance hídrico decádico. Las condiciones ambientales fueron óptimas, siendo lo más destacado las abundantes precipitaciones. No se registró déficit en ninguna etapa del ciclo y, a pesar de algunos excesos puntuales, no se alcanzaron condiciones de encharcamiento ni dificultades en el drenaje de los suelos. Sin embargo, sólo se registraron 6 días de escasa heliofanía entre 10 de diciembre y 10 de enero -uno menos que en el ciclo seco 2008/09-, siendo el cociente fototermal (Q) medio para 2009/10 (1,68) superior al de 2008/09 (1,54). Las condiciones de luminosidad no fueron restrictivas durante esta última campaña (Figura 2).



**Figura 1:** Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico (mm) en Pergamino (Bs As), durante la campaña 2009/10. Precipitaciones totales 970 mm.



**Figura 2:** Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos en todos los materiales. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2009/10.

## Resultados y discusión

En la Tabla 3 se observa que el tratamiento completo (T8), que sumó fertilización fósforo-azufrada, nitrogenada y uso de fungicidas alcanzó altos valores en todos los parámetros evaluados, siendo el más destacado de las combinaciones evaluadas. La excepción fueron los valores de Spad: A diferencia de lo que sucede con N, los cultivos con deficiencias de P adquieren tonalidades más oscuras que elevan el valor de este índice.

**Tabla 3:** *Parámetros morfológicos de cultivo: En el estado de siete hojas expandidas: Materia seca aérea y radicular. En floración: hojas totales y fotosintéticamente activas, altura de planta, índice de vigor e intensidad de verde determinado mediante lecturas Spad. Pergamino, campaña 2009/10.*

TRATAMIENTOS			MS aérea V7 (kg ha <sup>-1</sup> )	MS raíz V7 (kg ha <sup>-1</sup> )	Hojas activas R2	Hojas Totales R2	Altura planta (cm)	Índice de Vigor R1	Unidades Spad R1	Intercepción R2	
<b>T1</b>	<b>N 50 kg</b>	<b>PS0</b>	Testigo	1200	300	12,0	17,0	252	3,8	47,4	83,5
<b>T2</b>			Crinigan	1200	<b>450</b>	11,0	17,0	235	3,6	47,6	80,9
<b>T3</b>	<b>N 50 kg</b>	<b>P20-S15 Fung foliar</b>	Testigo	1275	400	12,0	17,0	248	3,7	47,5	89,6
<b>T4</b>			Crinigan	1125	375	12,0	<b>18,0</b>	250	3,6	47,2	<b>92,8</b>
<b>T5</b>	<b>N 115 kg</b>	<b>PS0</b>	Testigo	975	300	<b>13,0</b>	17,0	250	4,0	52,0	73,8
<b>T6</b>			Crinigan	1050	375	12,0	17,0	250	4,0	50,5	80,6
<b>T7</b>		<b>P20-S15 Fung foliar</b>	Testigo	1275	<b>450</b>	12,5	17,0	<b>255</b>	<b>4,1</b>	<b>55,0</b>	85,6
<b>T8</b>			Crinigan	<b>1350</b>	<b>450</b>	<b>13,0</b>	<b>18,0</b>	<b>255</b>	<b>4,1</b>	53,9	87,3
<b>Promedio Testigo</b>			1181,3	363	12,4	17,0	251	<b>4,1</b>	50,5	85,6	
<b>Promedio Crinigan</b>			1181,3	413	12,0	17,5	248	<b>4,1</b>	49,8	87,3	

*Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo*

*Corresponde a los estados de 7 hojas expandidas (V7) y floración femenina (R1).*

Los rendimientos sólo se diferenciaron estadísticamente por efecto de nitrógeno, no siendo significativos efectos de nivel tecnológico, inoculación, ni sus interacciones ( $P > 0,10$ ;  $cv = 6,3\%$ ) (Tabla 4). Sin embargo, las respuestas a la inoculación fueron crecientes bajo un adecuado sistema productivo, con fertilización fósforo-azufrada, alta dosis de nitrógeno y uso de fungicidas (Tabla 5 y Figura 3). Esta tendencia propone así la integración de tecnologías ya adoptadas con nuevas prácticas agronómicas que demuestran ser promisorias, con el objetivo de obtener sinergismos y acercarse a los rendimientos potencialmente alcanzables.

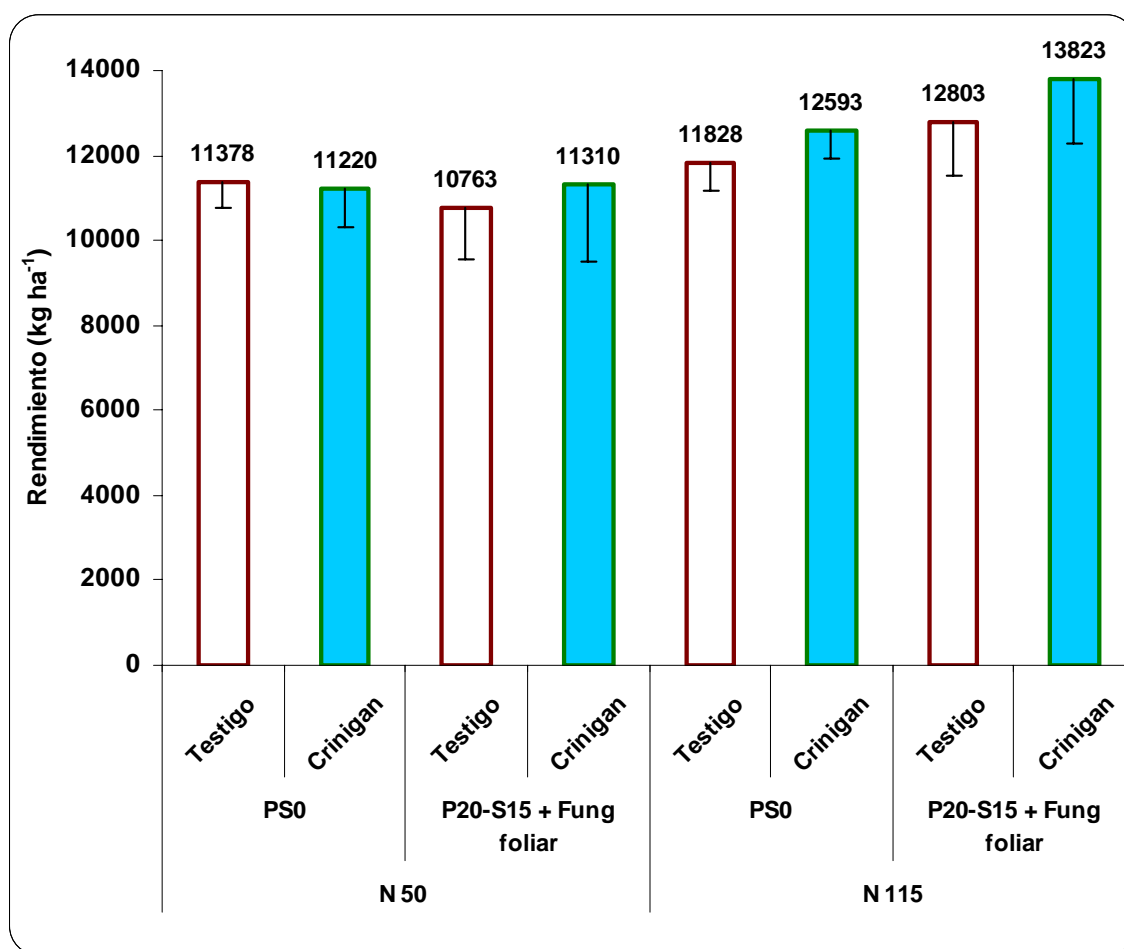
Dentro de las variables evaluadas, el índice de vigor y los valores de Spad fueron las variables que en mayor medida contribuyeron a explicar los rendimientos, correlacionando en forma positiva y significativa con los mismos (Tabla 6).

**Tabla 4:** *Ausencia de significancia estadística en la interacción Nivel tecnológico o fertilización nitrogenada y la inoculación con Micorrizas sobre los rendimientos de Maíz.*

Tratamiento	Rendimientos (kg ha <sup>-1</sup> )
Inoculación Micorrizas	0,19 n.s.
Nivel tecnológico PS - Fungicida	0,30 n.s.
Fertilización Nitrogenada	0,00 * *
Interacción Inoculación x PS-fungicida	0,54 n.s.
Interacción Inoculación x Fert Nitrogenada	0,38 n.s.
Interacción PS x Fert Nitrogenada	0,11 n.s.
Interacción Inoc x PS x Fert Nitrogenada	0,77 n.s.
CV (%)	6,3 %

**Tabla 5:** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y respuesta a diferentes tratamientos sobre semillas de maíz, bajo dos niveles de N. Pergamino, campaña 2009/10.

TRATAMIENTOS			Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Dif con control no inoculado ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Dif con control no inoculado (%)	Dif media (Inoculado - Control) ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Dif media por tecnología ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	
T1	N 50 kg	PS0	Testigo	11378		(T2,T4,T6,T8)-(T1,T3,T5,T7)= <b>544</b>	<b>P20S15fung - PS0= 420</b>	
T2			Crinigan	11220	-158			-1,4
T3		P20-S15 Fung foliar	Testigo	10763				
T4			Crinigan	11310	548			5,1
T5	N 115 kg	PS0	Testigo	11828				<b>N 115-N50= 1594</b>
T6			Crinigan	12593	765			
T7		P20-S15 Fung foliar	Testigo	12803				
T8			Crinigan	13823	1020			



**Figura 3:** Rendimiento de grano de tratamientos biológicos aplicados sobre semilla de Maíz, en combinación con niveles tecnológicos de fertilización-protección y tratamientos de fertilización nitrogenada. Pergamino, campaña 2009/10. Las líneas verticales representan la desviación Standard de la media.

**Tabla 6:** Asociación entre rendimiento y variables cuantitativas de cultivo, determinadas a través del coeficiente de correlación (*r*) y su significancia estadística.

Variables evaluadas	Coefficiente correlación ( <i>r</i> )	Significancia de la correlación
Hojas totales	0,36	n.s.
Hojas fotosintéticas activas R1	0,53	n.s.
Altura plantas	0,46	n.s.
Índice vigor	0,79	P=0,01
Unidades Spad	0,78	P=0,01
Cobertura (%)	-0,07	n.s.
MS aérea V8	0,26	n.s.
MS radicular V8	0,37	n.s.

### Conclusiones

- \* Los tratamientos de inoculación permitieron mejorar diversas variables relacionadas con el crecimiento, como la biomasa aérea y radicular en etapas tempranas, hojas activas durante el período crítico, altura de plantas, su vigor y cobertura.
- \* La respuesta a la inoculación abarcó un rango de 0 a 1020 kg ha<sup>-1</sup>. Como media de todas las combinaciones de tratamientos, se observó una respuesta media de 544 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual está en el rango observado en campañas anteriores.
- \* No se determinó interacción estadística entre la inoculación y otras prácticas agronómicas. Sin embargo, se observó una tendencia creciente de respuesta a la inoculación a medida que se mejoró el sistema productivo, mediante la fertilización fósforo-azufrada, el uso de alta dosis de nitrógeno y fungicidas, proponiendo así la integración de tecnologías elevar los rendimientos.