

PROMOTORES DE CRECIMIENTO 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. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino.

Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino

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) 5. Fijación libre de nitrógeno (N) y 6. 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 *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bradyrhizobium japonicum*, 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 los promotores biológicos ensayados, 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: *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, 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 Ax 878MG. 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⁻¹ y 2. 115 kgN ha⁻¹ aplicados como urea granulada a la siembra. Los tratamientos evaluados se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos biológicos de semilla en maíz bajo diferentes niveles tecnológicos y de fertilización nitrogenada. Pergamino, campaña 2009/10.

Tratamiento	Tratamientos biológicos	Nivel tecnológico Dosis PS (kg ha ⁻¹)	Dosis N (kgha ⁻¹)
T1	Testigo	PS0 – sin fungicida	N 50 kg/ha
T2	PGPR Maíz y Sorgo 7,5 ml kg ⁻¹	PS0 – sin fungicida	N 50 kg/ha
T3	Testigo	P20 – S15 – fungicida foliar	N 50 kg/ha
T4	PGPR Maíz y Sorgo 7,5 ml kg ⁻¹	P20 – S15 – fungicida foliar	N 50 kg/ha
T5	Testigo	PS0 – sin fungicida	N 115 kg/ha
T6	PGPR Maíz y Sorgo 7,5 ml kg ⁻¹	PS0 – sin fungicida	N 115 kg/ha
T7	Testigo	P20 – S15 – fungicida foliar	N 115 kg/ha
T8	PGPR Maíz y Sorgo 7,5 ml kg ⁻¹	P20 – S15 – fungicida foliar	N 115 kg/ha

El inoculante evaluado se denomina *PGPR*[®] *Maíz y Sorgo* de Laboratorios Green Quality S.A., el cual contiene *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bradyrhizobium japonicum*. El fungicida utilizado fue Opera *Pyraclostrobin + Epoxiconazole* (13,5 + 5%), a la dosis de 0,7 l ha⁻¹ 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.

Bloque	Prof. (cm)	MO (%)	pH	Ntotal	N-NO3 ppm	N-NO3 kg/ha	P-Bray	S-SO4	K ppm	Zn	B
Año 2009	0-20	2,98	5,6	0,149	11,0	27,5	18,3	3,0	445	0,97	1,44
Promedio	20-40				5,0	12,5		2,0			
4 repeticiones	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 1. 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 fotothermal (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).

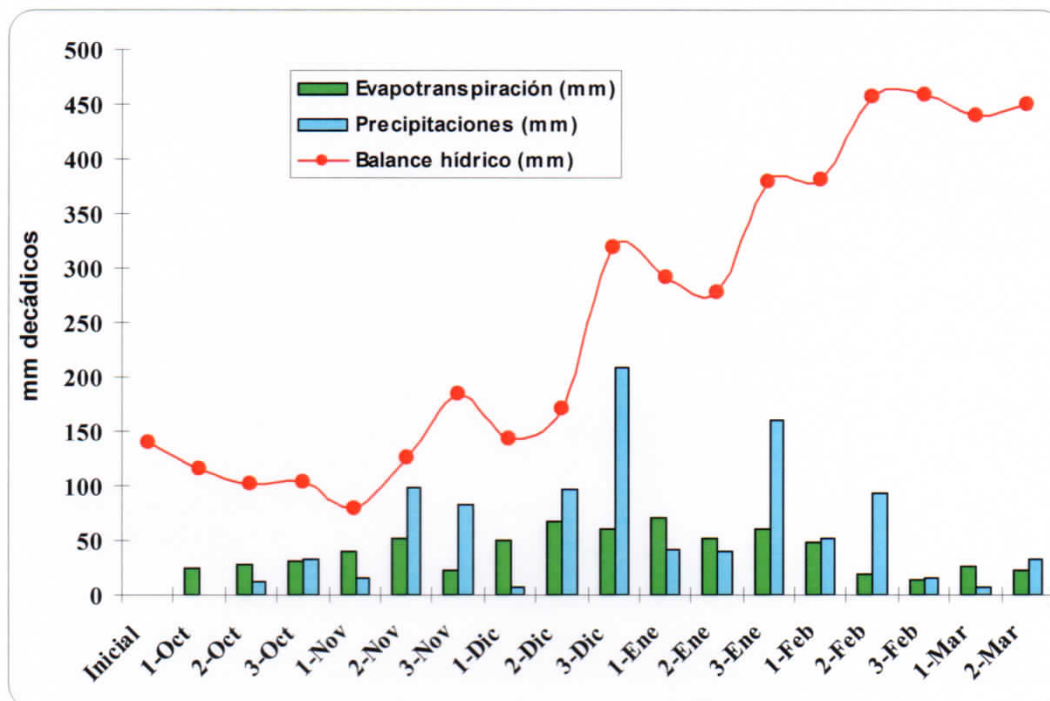


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico (mm) en Pergamino (Bs As), durante la campaña 2009/10. Precipitaciones totales 970 mm.

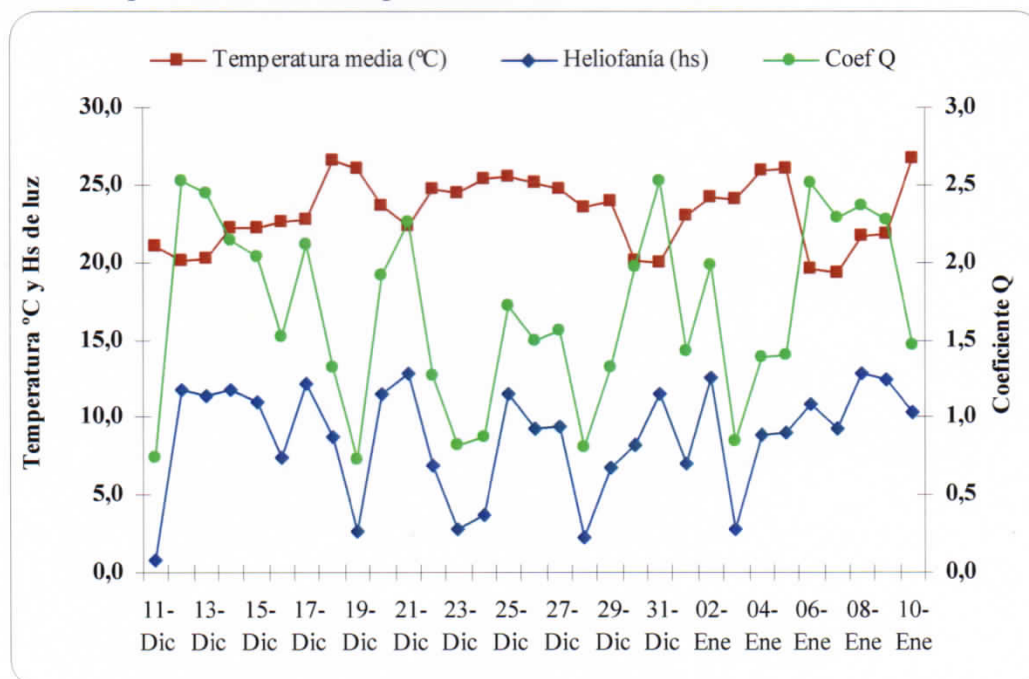


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos en todos los materiales. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2009/10.

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, siendo el más destacado de las combinaciones evaluadas. Una excepción podrían representarla 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. En negrita se presenta el tratamiento con mayor valor, para cada nivel tecnológico. Pergamino, campaña 2009/10.

TRATAMIENTOS			MS aérea V7 (kg ha ⁻¹)	MS raíz V7 (kg ha ⁻¹)	Hojas activas R2	Hojas Totales R2	Altura planta (cm)	Unidades Spad R1	Índice de Vigor R1	Intercepción R2	
T1	N 50 kg	PS0	Testigo	825	300	11	17	235	47,6	3,6	80,9
T2			PGPR	900	300	12	17	240	47,5	3,7	84,8
T3		P20-S15 Fung foliar	Testigo	1200	400	12	18	250	47,2	3,6	92,8
T4			PGPR	1275	300	13	18	260	47,6	4,0	85,8
T5	N 115 kg	PS0	Testigo	750	300	12	17	250	50,5	4,0	80,6
T6			PGPR	975	375	12	17	255	54,1	4,2	86,8
T7		P20-S15 Fung foliar	Testigo	1200	450	13	18	255	53,9	4,1	87,3
T8			PGPR	1275	375	13	18	250	53,7	4,5	93,6
Promedio Testigo			994	363	12,0	17,5	247,5	49,8	3,8	85,4	
Promedio			1106	338	12,5	17,5	251,3	50,7	4,1	87,8	

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

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

Los rendimientos (Figura 3) se diferenciaron estadísticamente siendo el rendimiento superior por efecto de inoculación (P=0,02), fertilizado con PS y aplicado con fungicida (P=0,07) y con la dosis mayor de N (P=0,00) (Tabla 3). Entre las interacciones, el efecto de los tratamientos de inoculación fue de mayor magnitud cuando se realizó de manera conjunta con fertilización fósforo azufrada de base y uso de fungicidas (P>0,06; CV=3,7 %), que aseguraran un adecuado nivel de crecimiento y sanidad en el cultivo. La diferencia media por Inoculación con PGPR, Nivel tecnológico con uso de P20 S15-fungicida e incremento en la dosis de N fue de 645, 469 y 1275 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 4: Significancia estadística de los efectos principales evaluados y su interacción.

Tratamiento	Rendimientos (kg ha ⁻¹)
Inoculación PGPR	0,02 **
Nivel tecnológico PS - Fungicida	0,07 *
Fertilización Nitrogenada	0,00 ***
Interacción Inoculación x PS-fungicida	0,06 *
Interacción Inoculación x Fert Nitrogenada	0,91
Interacción PS x Fert Nitrogenada	0,14

Interacción Inoc x PS x Fert Nitrogenada	0,06
CV (%)	3,7 %

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

TRATAMIENTOS				Rendimiento (kg ha^{-1})	Dif con control no inoculado (kg ha^{-1})	Dif con control no inoculado (%)	Dif media (Inoculado - Control) (kg ha^{-1})	Dif media por tecnología (kg ha^{-1})
T1	N 50 kg	PS0	Testigo	11220			(T2,T4,T6,T8)- (T1,T3,T5,T7)= 645	P20S15fung - PS0= 469
T2			PGPR	11835	615	5,5		
T3		P20-S15 Fung foliar	Testigo	11310				
T4			PGPR	11933	623	5,5		
T5	N 115 kg	PS0	Testigo	12593				N 115-N50= 1275
T6			PGPR	12263	-330	-2,6		
T7		P20-S15 Fung foliar	Testigo	12435				
T8			PGPR	14108	1673	13,4		

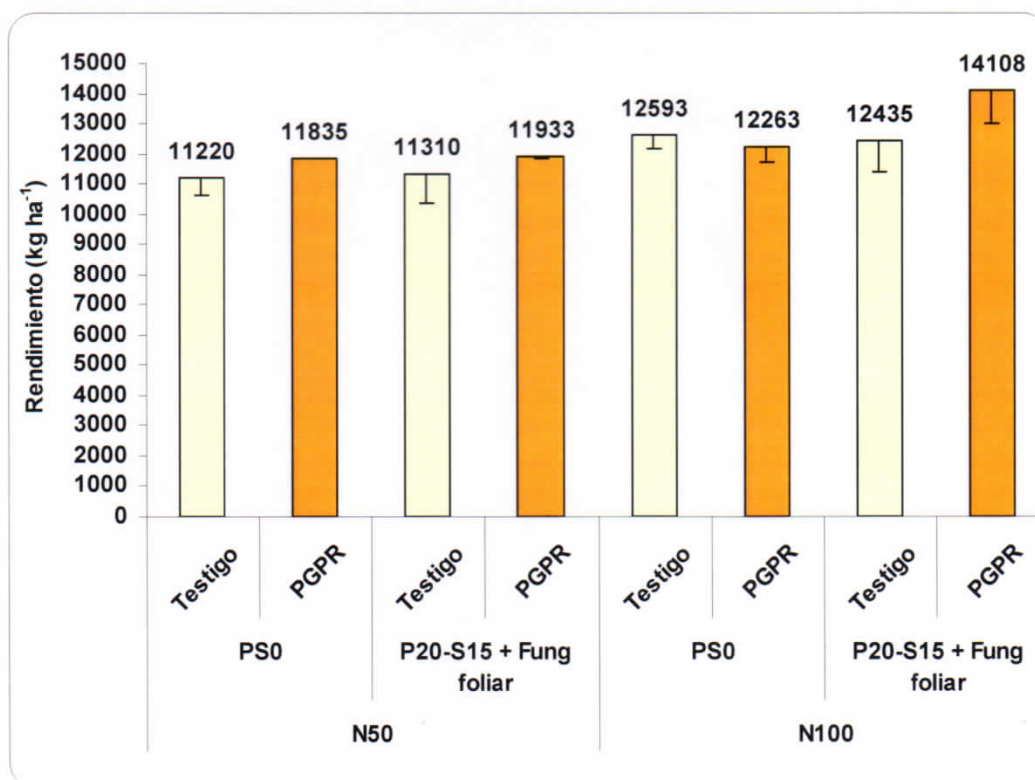


Figura 3: Rendimiento de grano de tratamientos biológicos aplicados sobre semilla de Maíz, en combinación con niveles tecnológicos de fertilización-protección y dosis de fertilizante nitrogenado. Pergamino, campaña 2009/10. Las líneas verticales representan la desviación Standard de la media.

Con diferentes variantes de manejo, el ensayo se repitió durante tres campañas agrícolas. En ellas se observó una respuesta estable que tendió a acrecentarse en la medida que mejoró el ambiente, como sucedió en el ciclo 2009/10 (Figura 4).

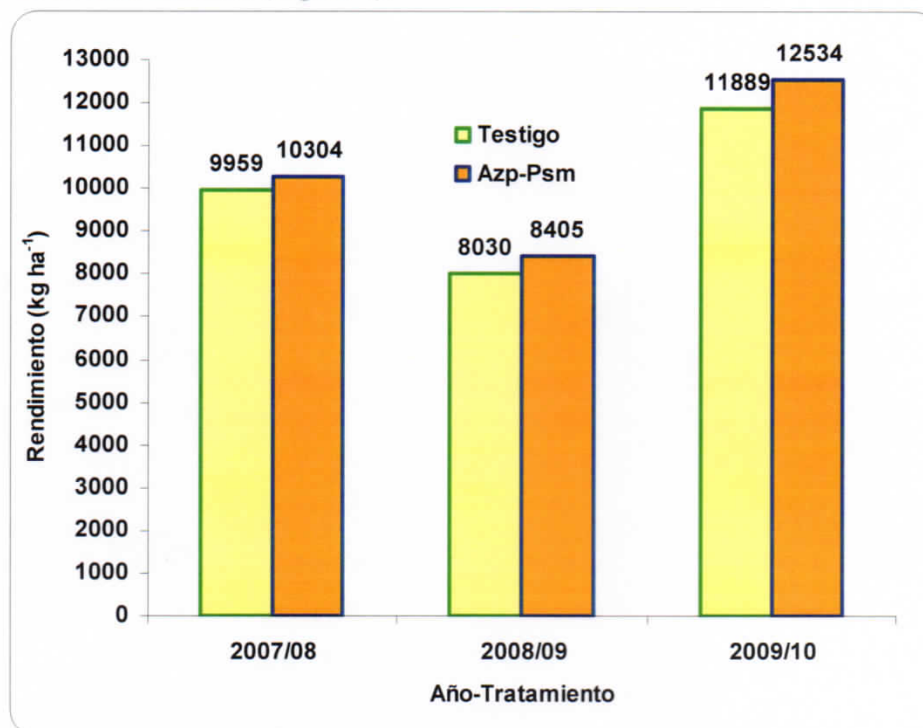


Figura 4: Rendimiento de grano de maíz de parcelas testigo o tratadas con *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens* durante tres campañas agrícolas. En cada año, el rendimiento del tratamiento es promedio de diferentes niveles de manejo. Pergamino, campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10.

Conclusiones

- * Los tratamientos de inoculación permitieron mejorar diversas variables relacionadas con el crecimiento, como la biomasa aérea, el número de hojas activas durante el período crítico, la altura de plantas, su vigor, valor de Spad y cobertura.
- * La respuesta a la inoculación abarcó un rango de -320 a 1673 kg ha⁻¹. Como media de todas las combinaciones de tratamientos, se observó una respuesta media de 645 kg ha⁻¹, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.
- * La mejora en el Nivel tecnológico –fertilización con P20-S15 y Uso de fungicidas- y el incremento en la dosis de N produjeron a la vez efectos significativos sobre los rendimientos.
- * Durante la campaña 2009/10 se determinó interacción estadística entre la inoculación y el nivel tecnológico. Asimismo, en tres campañas agrícolas la respuesta fue positiva siendo mayor en el ambiente superior de la campaña 2009/10. Estos resultados proponen la integración de tecnologías con el objetivo de incrementar los rendimientos del cultivo de maíz.