

EVALUACIÓN ADITIVA DE TECNOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS EN MAÍZ. EL CASO DE LOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO, FERTILIZANTES FOLIARES Y FUNGICIDAS. CAMPAÑA 2007/08.

PROYECTO REGIONAL AGRÍCOLA, CERBAN.

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción:

La biología de suelos es un área de creciente interés en la agricultura actual. El mismo se centra no solamente en el estudio de los procesos dinámicos que ocurren en los suelos, sino también a las posibilidades de mejorarla de manera directa e indirecta. Las medidas indirectas contemplan la creación de un ambiente adecuado para la proliferación de microorganismos favorables, mediante prácticas de cultivo que estimulen la ganancia de materia orgánica en el suelo, la estabilidad de sus agregados y una cobertura de residuos que en lo posible, evite oscilaciones hídricas extremas. Por otra parte, la forma directa de mejorar la biología de suelo consiste en su introducción por medio de inoculantes en un ambiente propicio para su establecimiento.

El uso extensivo de inoculantes conteniendo microorganismos promotores del crecimiento vegetal, denominados genéricamente PGPM, ha tenido creciente difusión en los últimos años. En ensayos de investigación y extensivos, se han reportado al presente incrementos en los rendimientos bajo diferentes ambientes productivos que justifican este nivel de difusión. No obstante, se está desarrollando mucha investigación al respecto, y en un futuro cercano se podrá contar con cepas de mayor capacidad para promover el crecimiento de las plantas, a la vez de formulaciones y prácticas de inoculación con capacidad para mejorar la estabilidad del inoculante, la supervivencia de los microorganismos y los efectos agronómicos buscados.

Por otra parte, los fertilizantes foliares buscan mejorar la tasa de crecimiento en etapas fenológicas importantes para el cultivo. El objetivo es agregar macronutrientes en pequeñas dosis complementarias del agregado a la siembra, o microelementos no contemplados en los planteos habituales. Así concebidos, los fertilizantes foliares resultan el eslabón final en un planteo integral de nutrición del cultivo.

El objetivo de este ensayo fue 1. Evaluar los efectos sobre el rendimiento y otras variables de cultivo de un inoculante para maíz conteniendo *Azospirillum brasiliense* y *Pseudomonas fluorescens* en su formulación y 2. Estudiar el efecto aditivo del agregado de nutrientes por vía foliar, en combinación con el uso de fungicidas. Hipotetizamos que ambas prácticas tienen la capacidad de mejorar parámetros relacionados con el crecimiento y la nutrición, permitiendo obtener rendimientos cercanos a la potencialidad del ambiente.

Materiales y métodos:

Se condujo un ensayo de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo serie Pergamino 1, fase ligeramente ondulada, Clase de uso 1 de muy buena productividad. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y dos tratamientos, cuya descripción se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados. Evaluación de prácticas complementarias a la nutrición en maíz. Pergamino, campaña 2008/09.*

Nº	Tratamiento de semilla	Tratamiento foliar	Descripción del tratamiento
T1	Testigo	-----	-----
T2	Pseudomonas + Azospirillum (Psm_Azp)		Degfértil 7,5 ml kg semilla ⁻¹
T2	Pseudomonas + Azospirillum (Psm_Azp)	Fertilizante foliar	Degfértil 7,5 ml kg semilla ⁻¹ + Fertideg max 4 l ha ⁻¹
T2	Pseudomonas + Azospirillum (Psm_Azp)	Fertilizante foliar + fungicida	Degfértil 7,5 ml kg semilla ⁻¹ + Fertideg max 4 l ha ⁻¹ + Tebuconazole DG 43 % 0,7 l ha ⁻¹

El inoculante evaluado se denomina DEGfértil PGPR de Laboratorios Degser SRL. El fertilizante foliar ensayado se denomina Fertideg Max, de Laboratorios Degser SRL. La composición del mismo se presenta en la Tabla 2. El fungicida utilizado fue Tebuconazole Dg (43%), del mismo laboratorio.

Tabla 2: *Composición química, expresada en porcentaje de nutrientes (p/v), de la fuente de fertilizante foliar utilizadas en el ensayo.*

Fertilizante	Nitrógeno	Azufre	Cobalto	Boro	Zinc	Cobre	Manganeso	Magnesio	Molibdeno	Hierro
Fertideg Max	23,1	15,85	0,00015	1,205	0,636	0,015	0,09	0,0366	0,0015	0,12

El ensayo se sembró el día 10 de Octubre de 2008 en SD, con antecesor trigo/soja, utilizando el híbrido Syngenta NK 910. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con fósforo (P) azufre (S) y nitrógeno (N), a la dosis de 20 kg Pha⁻¹, 18 kg Sha⁻¹ y 100 kg Nha⁻¹. Las fuentes utilizadas fueron superfosfato triple de calcio (0-20-0), sulfato de calcio (0-0-0-S18) y urea granulada (46-0-0).

Por su parte, el análisis de suelo del sitio experimental se presenta en la Tabla 2. Se destaca un nivel de N normal, elevado de P, bajo de Materia orgánica evidenciando erosión y muy bajo de S. El sitio podría caracterizarse como de fertilidad media a baja.

Tabla 3: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Bloque	Prof. (cm)	MO (%)	pH	Ntotal	N-NO3 ppm	N-NO3 kg/ha	P-Bray	S-SO4	K	Mg	Ca
Bloque 1	0-20	2,29	5,8	1,14	8,0	20,8	22,5	1	469	122	1648
	20-40				7,0	18,2					
	40-60				3,5	9,1					
Bloque 2	0-20	2,48	5,9	1,24	9,0	23,4	16,9	2	587	122	1808
	20-40				7,0	18,2					
	40-60				3,5	9,1					
Bloque 3	0-20	2,83	5,8	1,41	13	33,8	17,0	2	469	122	1696
	20-40				11	28,6					
	40-60				5,5	14,3					
Promedio	0-20	2,53	5,8	1,26	10,0	26,0	18,8	1,7	508,3	122	1717,3
	20-40				8,3	21,7					
	40-60				4,2	10,8					

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botallón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y

pastillas de cono hueco 80015 que permiten asperjar 140 l ha^{-1} . El estado del cultivo y las condiciones ambientales al momento de la aplicación se describen en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

Tabla 4: Estado del cultivo al realizar la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
V6-7	2-dic	V6-7	65	60

Tabla 5: Condiciones ambientales durante la aplicación.

Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h ⁻¹)	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
V6-7	H	H	16,8	67	12,7 SSSE	4	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto dda: después de aplicación.

En el estado V6 se tomaron muestras de planta entera en sectores de 1m^2 , y se determinó el peso seco (PS) de planta y raíz. En anécdotas se realizaron mediciones de altura de plantas e inserción de la espiga, número de hojas verdes fotosintéticamente activas y senescentes, y se determinó la intensidad de verdor en hoja por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502. Este brinda una medida adimensional, no destructiva e indirecta del contenido de Nitrógeno foliar. Permite a la vez, cuantificar en forma objetiva y con mayor sutileza que la del ojo humano, eventuales diferencias entre tratamientos. Fue evaluado en la hoja opuesta inmediatamente inferior a la de la espiga, la cual por convención es utilizada para la evaluación del estado nutricional del maíz a partir del período crítico.

La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una muestra de cosecha se analizaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

Condiciones ambientales de la campaña

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) entre el 10 de Diciembre y el 10 de Enero, etapa que abarca el período crítico para la definición de los rendimientos del sitio. Las precipitaciones fueron escasas durante todo el ciclo. El déficit total acumulado, calculado como la diferencia entre la evapotranspiración real y potencial, alcanzó a 323 mm (Figura 1). Las condiciones de luminosidad no fueron restrictivas (Figura 2).

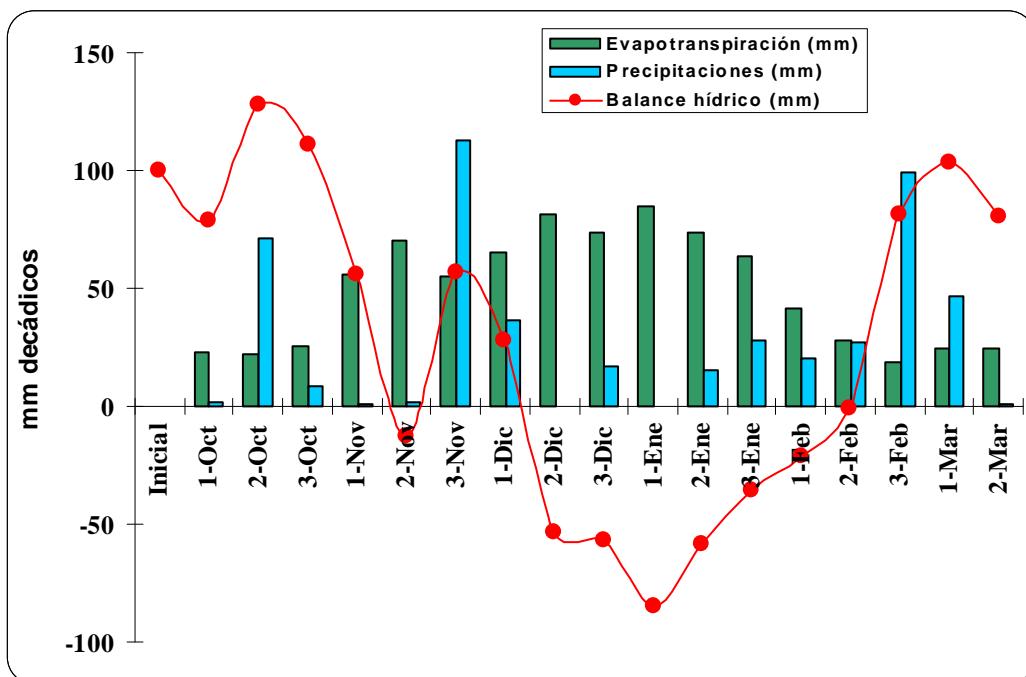


Figura 1: Precipitaciones decádicas acumuladas (mm) en el sitio experimental. Pergamino, campaña 2008/09. Déficit (evapotranspiración potencial – evapotranspiración real) 323 mm.

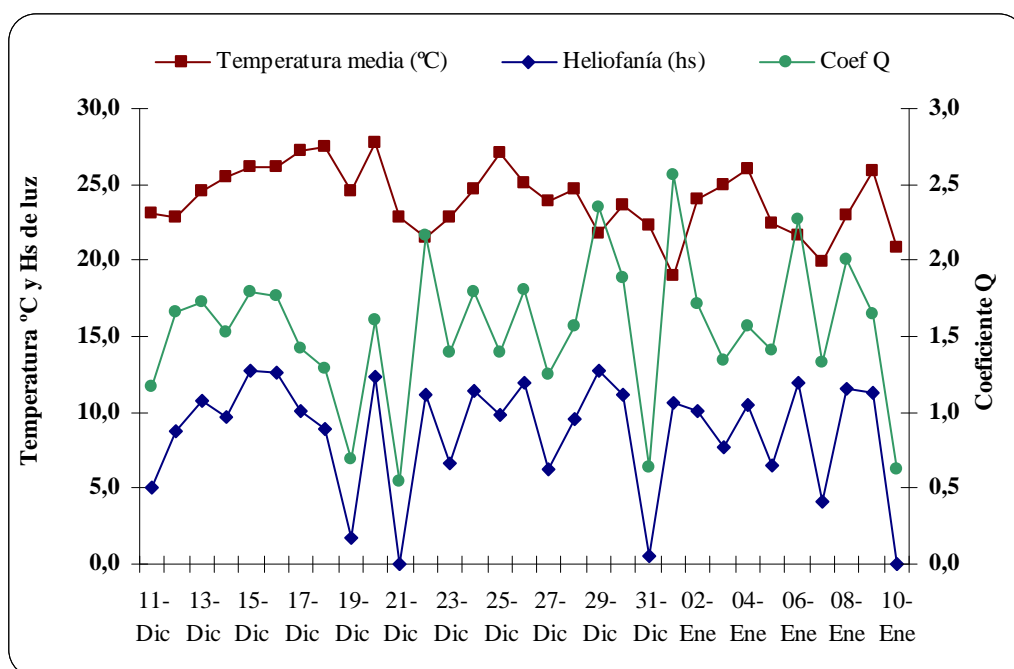


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2008/09.

Resultados y discusión

En la Tabla 6 se presentan algunos parámetros evaluados en el cultivo. No se determinaron diferencias sustanciales entre los tratamientos. La diferencia en PS plantas a favor del testigo en contraposición con el inoculado no tiene explicación aparente.

Tabla 6: Parámetros determinados en el cultivo. Evaluación de prácticas complementarias a la nutrición en maíz. Pergamino, campaña 2008/09.

Nº	Tratamiento	PS plantas (kg ha ⁻¹)	PS raíces (kg ha ⁻¹)	Altura final planta (m)	Altura inserción espiga (cm)	Hojas verdes R1	Hojas totales R1	Unidades Spad R1
T1	Testigo	5150	930	237	115	14	21	43,5
T2	Psm_Azp	3931	960	240	115	14	21	43,0
T3	Psm_Azp + F. Foliar	4541	1341	243	130	15	21	43,0
T4	Psm_Azp + F. Foliar + Fungicida	5653	1341	240	125	14	21	42,7

Se determinaron diferencias significativas en los rendimientos ($P=0,04$; CV 5,5 %) (Figura 3). El tratamiento inoculado con *Azospirillum* y *Pseudomonas* alcanzó una productividad superior al testigo de 375 kg ha⁻¹, lo que representa una diferencia relativa de 4,7 % (Tabla 7). La fertilización foliar expresó los mejores resultados cuando se combinó con el fungicida. En este caso, se obtuvieron diferencias de rendimiento de 1145 kg ha⁻¹ (14,3 %), atribuibles a un incremento en NG y P1000 (Tabla 7). La utilización de tecnologías aditivas en maíz permitió alcanzar rendimientos elevados en un ambiente restrictivo, mitigando en parte los efectos de la sequía.

Tabla 7: Rendimiento de grano (kg ha⁻¹), diferencia por sobre el Testigo (kg ha⁻¹ y %), número de granos (NG m⁻²) y peso de mil granos. Evaluación de prácticas complementarias a la nutrición en maíz. Pergamino, campaña 2008/09.

Nº	Tratamiento	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	Diferencia con testigo		NG m ⁻²	P1000 (g)
			(kg ha ⁻¹)	(%)		
T1	Testigo	8030			3286	244,4
T2	Psm_Azp	8405	375	4,7	2955	284,4
T3	Psm_Azp + F. Foliar	8500	470	5,9	3310	256,8
T4	Psm_Azp + F. Foliar + Fungicida	9175	1145	14,3	3353	273,6
	Sign est. (P)	0,04				
	CV (%)	5,5 %				

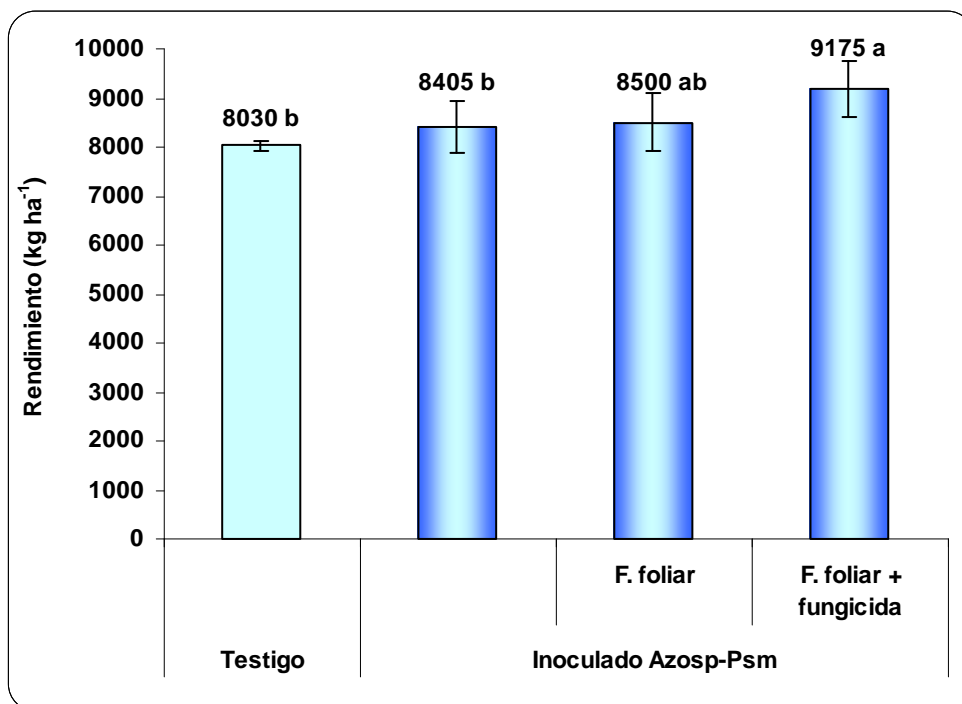


Figura 3: Producción media de grano de maíz (kg ha^{-1}) como resultado de la aplicación aditiva de tecnologías complementarias –promotores de crecimiento, fungicidas y fertilizantes foliares-. Letras distintas en las columnas indican tratamientos que difieren significativamente entre sí. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. Pergamino, Campaña 2008/09.

Conclusiones

El uso de promotores de crecimiento, fertilizante foliar y fungicida en forma conjunta incrementaron los rendimientos en forma significativa, alcanzando la diferencia máxima a 1145 kg ha^{-1} representando una mejora de 14,3 %. Las diferencias observadas permiten aceptar la hipótesis propuesta.

La utilización de nuevas tecnologías en forma complementaria a las prácticas recomendadas de manejo como selección de genotipos, nutrición apropiada basada en el diagnóstico de NPS y manejo del agua, permitió una mayor aproximación a los rendimientos potenciales del ambiente, atemperando las mermas de producción causadas por el estrés de sequía registrado en la presente campaña.