



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

INOCULACIÓN CON PROMOTORES DE CRECIMIENTO Y USO DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTE FOSFORADO EN MAÍZ EN AMBIENTES CON BAJA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN EL SUELO

* Ing. Agr. Gustavo N. Ferraris
* Ing. Agr. Lucrecia A. Couretot

Introducción:

El Fósforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para los vegetales, estando involucrado en procesos de singular importancia dentro de su ciclo vital.

A pesar de su importancia, la disponibilidad de P en los suelos de la región ha bajado considerablemente, por causa de los elevados índices de extracción a los que este nutriente se ha visto sometido, mediante elevadas cosechas y esquemas de fertilización que contemplan solamente la reposición parcial de los niveles extraídos.

Si bien en el largo plazo la forma más apropiada de mejorar la nutrición fosforada de los cultivos es incrementar su disponibilidad en el suelo, la inoculación con microorganismos favorables puede contribuir a aumentar la absorción tanto del P del suelo como de aquel agregado como fertilizante. Así, podría mejorarse el estado nutricional del cultivo aún en condiciones de baja fertilidad, mientras se implementan estrategias que lleven el P a niveles más convenientes.

Debido a la tendencia actual hacia un incremento en las dosis aplicadas, es importante discriminar los efectos de estos microorganismos bajo diferentes niveles de fertilidad. Es deseable que los aumentos de rendimiento por el uso de Micorrizas (Micorrizas), *Pseudomonas* (Psm) y otros microorganismos considerados como PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) se mantengan en altos niveles de fertilización. Así, se podría implementar una estrategia que permita combinar una alta eficiencia de uso de los nutrientes en el corto plazo, con un esquema de fertilización que posibilite incrementar gradualmente su disponibilidad en los suelos a lo largo del tiempo.

El objetivo de estos ensayos fue evaluar el efecto de diferentes inoculantes, formulados sobre la base de microorganismos que actúan sobre el ciclo biológico del P, bajo dos dosis de fertilizante fosforado, sobre el rendimiento de maíz en el norte de la provincia de Bs As. Hipotetizamos que la inoculación incrementa el rendimiento de este cultivo, independientemente de la dosis de P agregada.

Materiales y métodos:

a) Ensayo 1: Pergamino. *Pseudomonas fluorescens* en Maíz

El ensayo fue realizado en la localidad de Pergamino, sobre un suelo serie Pergamino, Argiudol típico, Clase de uso 1 de muy buena productividad.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el ensayo.

Tratamientos	Factor 1: Biofertilizante	Factor 2: Fertilizante químico
T1: Testigo P20	Testigo	Superfosfato Triple 100 kg ha ⁻¹
T2: Psm P20	<i>Pseudomonas</i>	Superfosfato Triple 100 kg ha ⁻¹
T3: Testigo P40	Testigo	Superfosfato Triple 200 kg ha ⁻¹
T4: Psm P40	<i>Pseudomonas</i>	Superfosfato Triple 200 kg ha ⁻¹

El ensayo se sembró el día 11 de setiembre de 2006 en SD, con antecesor soja de primera, utilizando el híbrido Nidera Ax 882MG. La fertilización de base consistió en la aplicación de 90 kg ha⁻¹ de fosfato monoamónico, y 198 kg ha⁻¹ de UAN en V6 (63 kgN ha⁻¹). El lote sobre el cual se instaló el experimento puede considerarse de mediana fertilidad nitrogenada, con 64 kgN ha⁻¹ disponibles en el suelo al momento de la siembra (0-60 cm), y baja disponibilidad de P (Tabla 2).

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra.*

Prof.	pH	Conductividad (Ds/m)	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos	N en suelo
	agua 1:2,5		%		ppm	ppm	kg/ha
0-20	5,6	0,381	3,02	0,151	9	11	29
20-40						8	20
40-60						6	15

64 kgN

b) Ensayo 2. Pergamino. Micorrizas en Maíz.

Las características de sitio, manejo del ensayo y diseño fueron las mismas que en el caso de Pseudomonas, lo mismo que las evaluaciones realizadas. Los tratamientos evaluados en este ensayo se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: *Tratamientos evaluados en el ensayo. Micorrizas en Maíz, Pergamino, campaña 2006/07.*

Tratamientos	Factor 1: Biofertilizante	Factor 2: Fertilizante químico
T1: Testigo P20	Testigo	Superfosfato Triple 100 kg ha ⁻¹
T2: Micorrizas P20	Micorrizas	Superfosfato Triple 100 kg ha ⁻¹
T3: Testigo P40	Testigo	Superfosfato Triple 200 kg ha ⁻¹
T4: Micorrizas P40	Micorrizas	Superfosfato Triple 200 kg ha ⁻¹

c) Ensayo 3. Arrecifes. Micorrizas, Pseudomonas y Azospirillum en Maíz.

El ensayo fue realizado en el establecimiento "El Tala", ubicado en la localidad de Arrecifes, partido de Bartolomé Mitre, sobre un suelo serie Arroyo Dulce, Argiudol típico.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con dos repeticiones y cuatro tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: *Tratamientos evaluados. Promotores de crecimiento en maíz, Arrecifes, campaña 2006/07*

Tratamiento	Descripción	Dosis (ml/ha)
T0	Testigo: Semilla sin tratar	2000
T1	Micorrizas- Azospirillum	150 gr / 20 Kg de semilla
T2	Micorriza- Azospirillum-Pseudomonas	150 gr / 20 Kg de semilla
T3	KSA -Agrobacteria-Radiobacteria-Pseudomonas-Azospirillum	150 gr / 20 Kg de semilla

El cultivo se sembró el día 10 de octubre de 2006 en SD, con antecesor soja de primera, utilizando el híbrido P31Y04. La fertilización de base consistió en la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de fosfato monoamónico, y 100 kg ha⁻¹ urea a la siembra. Los resultados del análisis de suelo realizado a la siembra se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Análisis de suelo al momento de la siembra. Promotores de crecimiento en maíz, Arrecifes, campaña 2006/07.

Prof	pH	Conductividad (Ds/m)	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos	S-Sulfatos
	agua 1:2,5		%		ppm	ppm	ppm
0-20	5,5	0,069	2,3	0,115	11,2	10,7	12,7
20-40	5,7	0,040	1,8	0,090	2,5	6,3	11,6

La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

Resultados y discusión:

a) Respuesta a *Pseudomonas fluorescens* en Maíz. Pergamino

Si se analiza el experimento como un factorial P x Psm se puede estudiar la interacción entre estos factores, como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6: Análisis de la Varianza para rendimiento.

Efecto evaluado	Valor de P=
Dosis de P	0,384 n.s.
Psm	0,016
Interacción Dosis de P x Psm	0,130 n.s.
Coefficiente de Variación	7 %

La respuesta a Psm fue significativa ($P=0,016$) y no difirió entre dosis de P (interacción P x Psm no significativa) (Tabla 6). No se determinó efecto de dosis de P. En promedio, los tratamientos inoculados con Psm incrementaron su rendimiento en 965 kg ha^{-1} , mientras que el aumento de dosis de P20 a P40 lo hizo en 300 kg ha^{-1} (Figura 1)

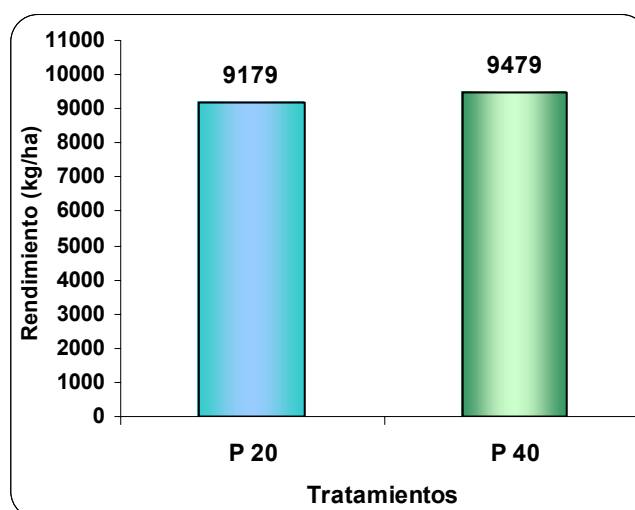
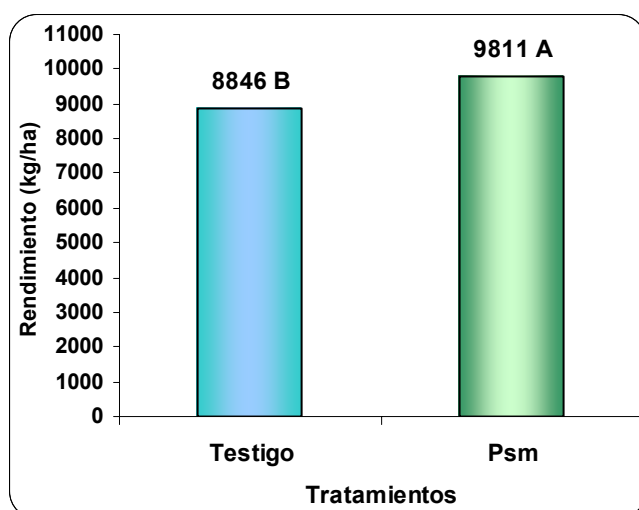


Figura 1.a

Figura 1.b

Figura 1: Rendimiento de maíz como resultado de: 1.a) la inoculación con *Pseudomonas fluorescens*, promedio de dos dosis de P y 1.b) dos niveles de fertilización fosforada, promedio de tratamientos con y sin inoculación. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ($P<0,05$).

La Eficiencia de Uso del P (EUP) se incrementó considerablemente en los tratamientos inoculados, especialmente en la dosis más baja de P (17 % superior, Figura 2). Así, se cumple uno de los objetivos de la inoculación con PGPR, como es incrementar la EUP en condiciones restrictivas del nutriente.

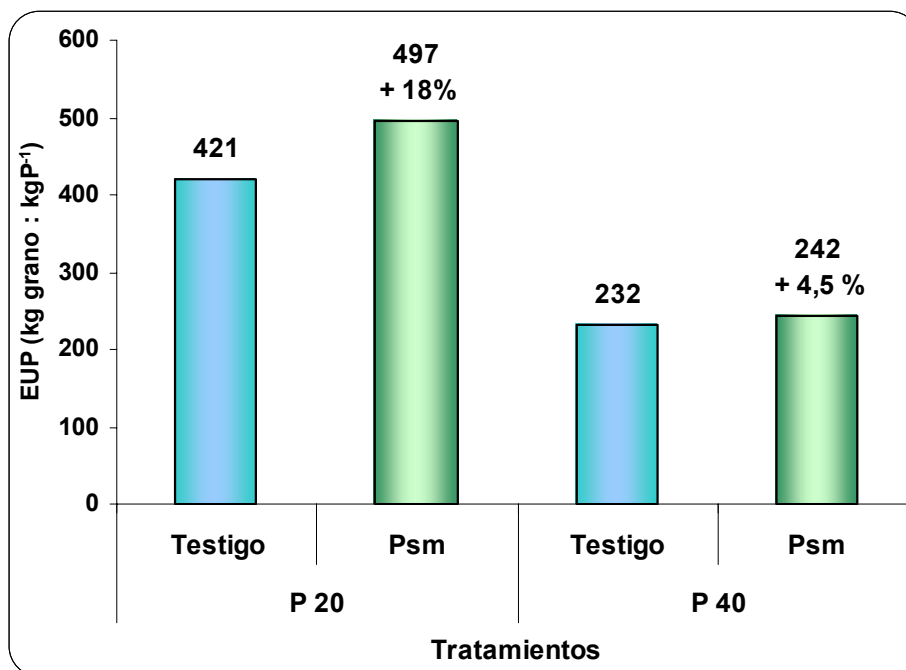


Figura 2: Eficiencia de uso del fósforo (kg grano: kg P agregado) para diferentes dosis de P y tratamientos de inoculación con *Pseudomonas fluorescens* (Psm).

b) Respuesta a la inoculación con Micorrizas en Maíz. Pergamino.

Si se analiza el experimento como un factorial P x Micorrizas se puede estudiar la interacción entre estos factores, como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7: Análisis de la Varianza para rendimiento.

Efecto evaluado	Valor de P=
Dosis de P	0,027
Micorrizas	0,077
Interacción Dosis de P x Micorrizas	0,578 n.s.
Coefficiente de Variación	5,8 %

La respuesta a Micorrizas fue significativa ($P=0,077$) y no difirió entre dosis de P (interacción P x Micorrizas no significativa, Tabla 7). Se determinó efecto de dosis de P ($P=0,02$). En promedio, los tratamientos inoculados con Micorrizas aumentaron su rendimiento en 525 kg ha^{-1} , mientras que el incremento de dosis de P20 a P40 lo hizo en 695 kg ha^{-1} (Figura 3).

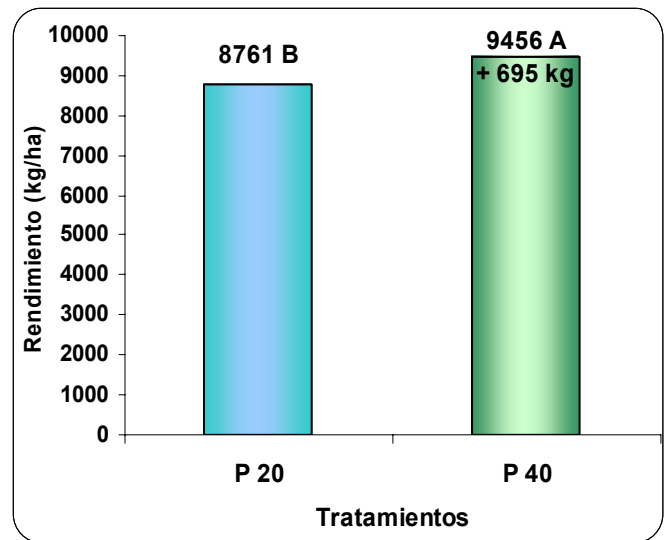
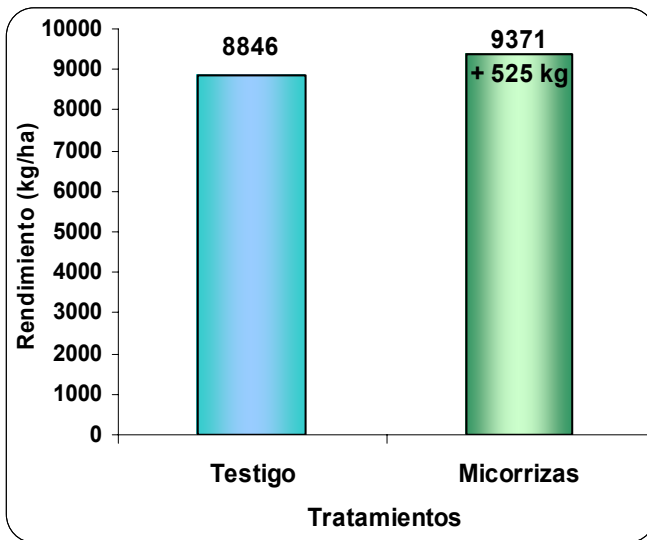


Figura 3.a

Figura 3.b

Figura 3: Rendimiento de maíz como resultado de: 3.a) la inoculación con Micorrizas promedio de dos dosis de P y 3.b) dos niveles de fertilización fosforada, promedio de tratamientos con y sin inoculación. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

La EUP aumentó en los tratamientos inoculados, siendo mayor la diferencia para la dosis más baja de P (8 % superior, Figura 4). De esta manera, se también las Micorrizas lograrían incrementar dicha eficiencia en condiciones restrictivas del nutriente.

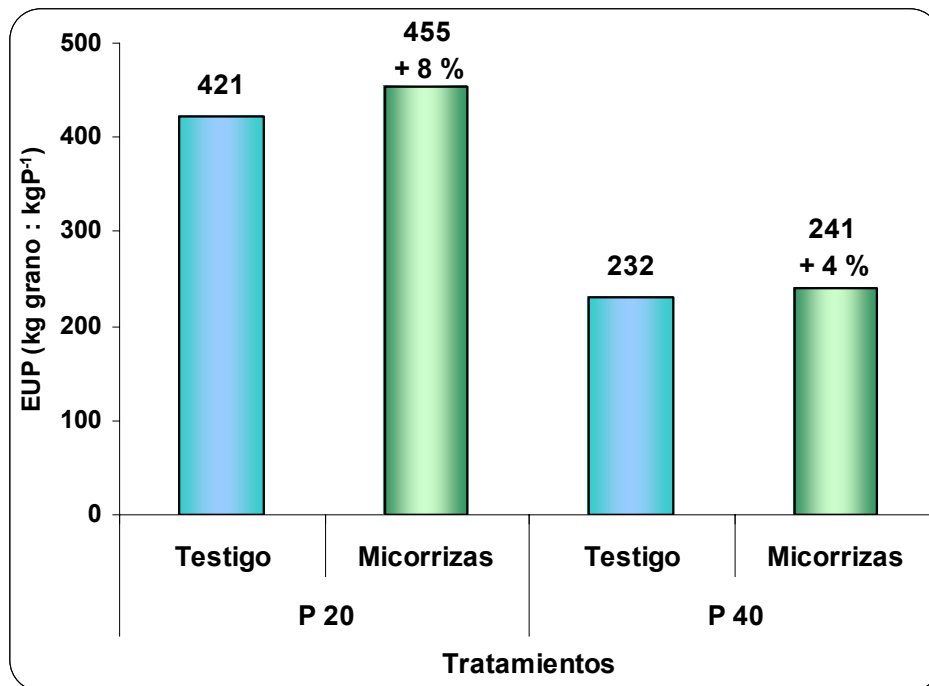


Figura 4: Eficiencia de uso del fósforo (kg grano: kg P agregado) para diferentes dosis de P y tratamientos de inoculación con Micorrizas.

b) Respuesta a la inoculación con diversos PGPR. Arrecifes

No se determinaron diferencias significativas en los rendimientos ($P=0,40$; Figura 3), ni en el peso hectolítrico de los granos ($P=0,48$; Figura 5). Sin embargo, uno de los tratamientos (T3) mostró una tendencia a incrementar los rendimientos, que cuantitativamente es destacable. Este tratamiento era el que mayor número de microorganismos incluía, por lo cual es difícil discernir si alguno de ellos o su interacción conjunta es la responsable de las diferencias observadas. En general, podría deducirse que aquellos tratamientos que incluyeron *Pseudomonas* (T2 y T3) alcanzaron mayores rendimientos

que el testigo, y mejoraron la performance respecto del inoculado sin *Pseudomonas* (T1). Las características del lote con bajo nivel de P en suelo (Tabla 5), y la particularidad de estas bacterias de segregar fosfatasas, que permiten incrementar la solubilidad del P nativo del suelo y el aprovechamiento del agregado como fertilizante, reforzaría esta hipótesis de trabajo.

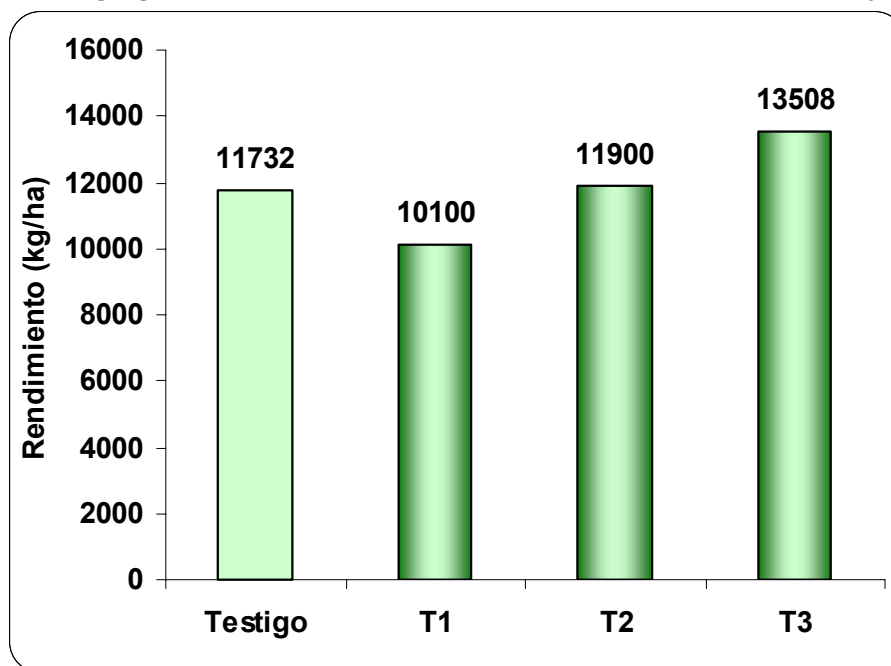


Figura 5: Rendimiento como resultado de la inoculación de maíz con diferentes promotores de crecimiento. Arrecifes, campaña 2006/07.

Conclusiones:

En este grupo de experimentos, la inoculación con microorganismos que actúan sobre el ciclo del P, como *Pseudomonas*, Micorrizas y otros, posibilitaron aumentar los rendimientos y mejorar la EUP. Si bien la diferencia de eficiencia fue mayor cuando las dosis de P fueron más bajas, en general no se determinó interacción Inoculantes x dosis de P sobre los rendimientos. Por este motivo, se concluye que, bajo diferentes niveles de fertilización fosforada, el uso de microorganismos que actúan favoreciendo la adquisición de nutrientes del suelo o aplicados por fertilización podría ser una estrategia válida para alcanzar condiciones de suficiencia nutricional, mientras se implementan esquemas de fertilización que permitan aumentar la disponibilidad de estos nutrientes en los suelos.