



FERTILIZANTES FOSFORADOS EN MAÍZ: COMPARACIÓN DE FUENTES, DOSIS Y FORMAS DE LOCALIZACIÓN

* Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris¹, Lucrecia A. Couretot¹, Fernando Mousegne², Marcelo López de Sabando², Luis Ventimiglia³
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción:

El Maíz es un cultivo con elevados requerimientos y capacidad de respuesta a la fertilización. Han sido ampliamente reportados incrementos de rendimiento por el agregado de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S) en la región pampeana argentina. El P es un elemento esencial, al cual se le atribuyen efectos como el incremento del crecimiento aéreo y radicular, aumento de la relación tallo/raíz, mayor tolerancia a estrés y menor incidencia y severidad de enfermedades. Ha sido ampliamente mencionada su participación en procesos fisiológicos importantes como la síntesis de ATP y transporte de energía por la planta, la formación de ácidos nucleicos (ADN, ARN) y el metabolismo de los hidratos de carbono. Además de favorecer el crecimiento, produce efectos agronómicos deseables como el estímulo del macollaje en gramíneas, la fijación de N en leguminosas, y la uniformidad y precocidad en la maduración de los granos. Su carencia se identifica por la aparición de hojas inferiores verde oscuras, que tornan a violáceas desde los márgenes, pudiendo aparecer tonos rojizos de la punta a la base en el caso de deficiencia extrema, con plantas de tamaño pequeño y desuniforme.

En la región pampeana argentina, los cultivos de gramíneas son habitualmente fertilizados con fosfatos amoniacales sólidos, aplicados en el surco o en bandas localizadas al costado de la línea de siembra. En los últimos años sin embargo, han aparecido nuevas formas y fuentes de aplicación, que requieren ser evaluadas. El objetivo de este trabajo es comparar el efecto de una fuente líquida fosforada aplicada en forma chorreada en superficie, con las tradicionales fuentes sólidas, puestas en banda o al voleo en cobertura total.

Materiales y métodos:

Se condujeron tres experimentos, en las localidades de Colón, San Antonio de Areco y Nueve de Julio (BsAs), sobre suelos Argiudoles típicos en los dos primeros casos, y Hapludol éntico en el tercero.

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

Tabla 1: Tratamientos evaluados. Comparación de fuentes fosforadas líquidas en Maíz. Colón-San Antonio de Areco-Nueve de Julio, Buenos Aires. Campaña 2009/10.

Nº	Tratamiento	kg P ha ⁻¹ Aportados	kg P ha ⁻¹ Aportados	Estadio de Aplicación
T1	Testigo	P 0	N150	Siembra
T2	P líquido 100 l	P 4,95	N150	Siembra
T3	P líquido 150 l	P 7,43	N150	Siembra
T4	P líquido 200 l	P 9,90	N150	Siembra
T5	P líquido NS 100 l	P 3,85	N150	Siembra
T6	MAP - SPT 30 + P líquido 150 l N150	P 14,3	N150	Siembra
T7	MAP – SPT 100 voleo N150	P 23	N150	Siembra
T8	MAP –SPT 100 N150	P 23	N150	Siembra
T9	Roca fosfórica 200 kg + P líquido 100 l	P 23	N150	Siembra

Las fuentes de fósforo evaluadas fueron Superfosfato Triple de Calcio (SPT, 0-20-0) en Colón y 9 de Julio, MAP en San Antonio de Areco (11-23-0) como sólidos, y las fuentes líquidas Dualfos (0-4,5-0), densidad 1,1 y Dualfos NS (6-3,5-0-S2), con densidad 1,18. Como fuente de N se aplicó Urea granulada (0-46-0), llevando todos los tratamientos a la dosis final de 150 kg ha⁻¹.

Las fechas de siembra de los ensayos fueron: el día 24 de Setiembre en Colón, con antecesor trigo/soja, utilizando el híbrido Nidera Ax 878 MG SD. En San Antonio de Areco se sembró el día 30 de Setiembre el híbrido Advanta 8319MG. En 9 de Julio, se sembró AW 190 MGRR2, el día 3 de Noviembre en labranza mínima. Por su parte, los análisis de suelo del sitio experimental se presentan en la Tabla 2. Se destaca un nivel de Materia orgánica y N normal, bajo de P y muy bajo de S.

Tabla 2: Análisis de suelo a la siembra.

Colón

Profundidad	pH agua 1:2,5	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos		S-Sulfatos
	0-20 cm	%		ppm 0-20 cm	ppm	kg/ha	ppm 0-20 cm
0-20 cm	5,4	3,0	0,195	8,4	19,4	48,5	9,9
20-40 cm					18,3	45,8	
40-60 cm					9,1	22,8	

117 kg N ha⁻¹ total

San Antonio de Areco

Profundidad	pH agua 1:2,5	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos		S-Sulfatos
	0-20 cm	%		ppm 0-20 cm	ppm	kg/ha	ppm 0-20 cm
0-20 cm	5,8	3,2	0,164	11,5	10	26,0	
20-40 cm					7	18,2	
40-60 cm					3,5	9,1	

53,3 kg N ha⁻¹ total

Nueve de Julio

Profundidad	pH agua 1:2,5	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos		S-Sulfatos
	0-20 cm	%		ppm 0-20 cm	ppm	kg/ha	ppm 0-20 cm
0-20 cm	6,1	3,1	0,155	4,2	21,5	55,9	5,4
20-40 cm					10	26,0	
40-60 cm					5	13,0	

94,9 kg N ha⁻¹ total

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. En algunas localidades, además del rendimiento, se midió el índice verde en floración (Spad) y los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos.

Resultados y discusión:

a) Condiciones ambientales

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan las precipitaciones del cada sitio durante el ciclo de cultivo. Las precipitaciones fueron abundantes, sin ocurrencia de déficit hídrico en ninguna localidad (Figuras 1,2 y 3).

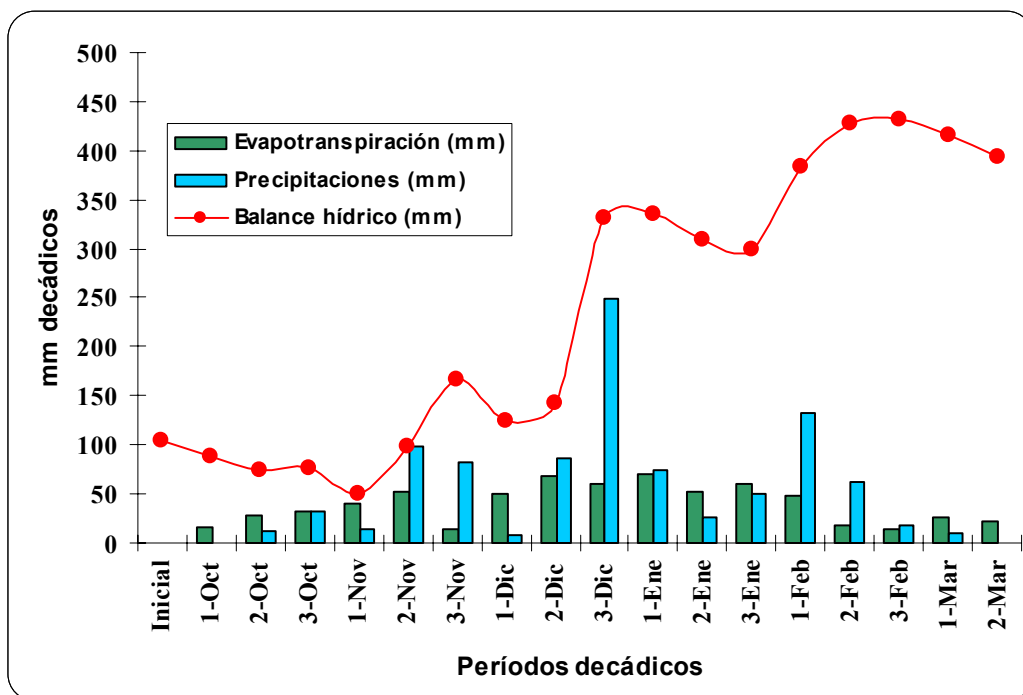


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico (mm) en Colón (Bs As), durante la campaña 2009/10. Precipitaciones totales 970 mm.

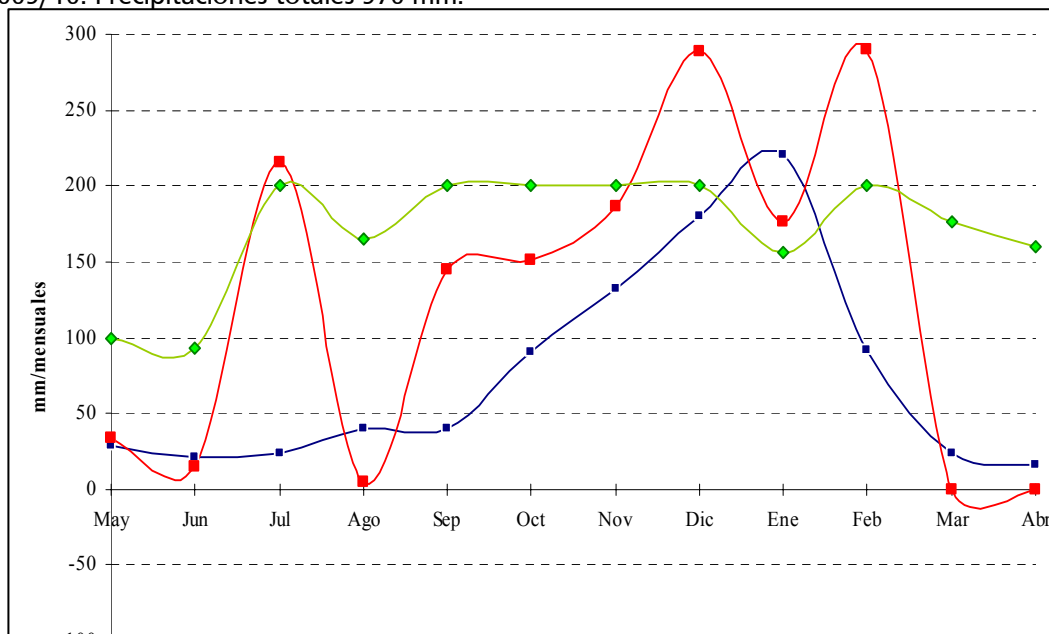


Figura 2: Precipitaciones (rojo), evapotranspiración (azul) y balance hídrico mensual (verde) (mm) en San Antonio de Areco (Bs As), durante la campaña 2009/10.

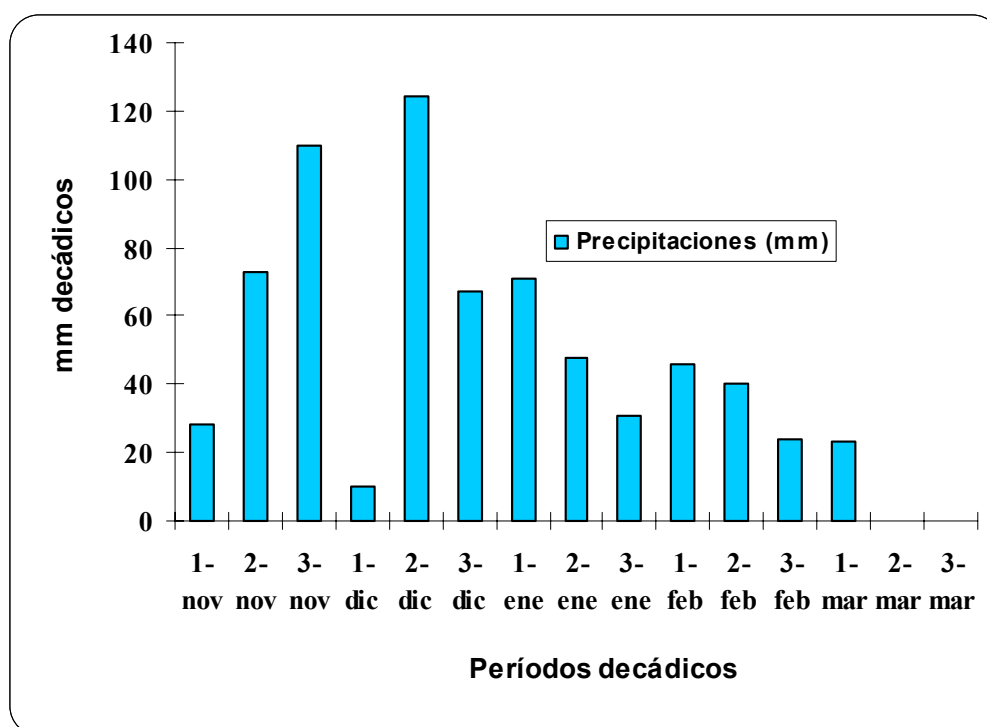


Figura 3: Precipitaciones decádicas (mm) en el sitio experimental. Nueve de Julio (Bs As), durante la campaña 2009/10. Precipitaciones totales durante el ciclo 698 mm.

b) Resultados del ensayo

En las Tabla 3, 4 y 5 se presentan los rendimientos, la diferencia con el testigo y otras variables evaluadas en las localidades de Colón, San Antonio de Areco y Nueve de Julio, respectivamente.

En ninguna de las tres localidades las diferencias fueron significativas. Sin embargo, el comportamiento fue contrastante según el sitio. En la localidad de Colón, se verificó una importante respuesta a la fertilización fosforada siendo el mejor tratamiento T8, con fertilización localizada en banda (Tabla 3). Los tratamientos con las fuentes líquidas alcanzaron rendimientos levemente inferiores sin diferencias entre dosis. Finalmente, la aplicación de sólido al voleo (T7) o roca fosfórica (T9) obtuvieron una performance inferior al resto de los tratamientos. En este ensayo, el principal componente que explicó variaciones en los rendimientos fue NG, aunque los tratamientos fertilizados alcanzaron además mayor Índice Spad y PG con relación al testigo.

En San Antonio de Areco igualmente se registraron incrementos importantes por la fertilización (Tabla 4). Es destacable que algunos tratamientos poco destacados en Colón alcanzaron buenos rendimientos en San Antonio de Areco, como el sólido al voleo (T7) o roca fosfórica (T9) en conjunto con el fertilizante líquido. Dentro de los fertilizantes líquidos, el tratamiento con Dualfos NS 100 (T5) fue el mejor. Con el fertilizante Dualfos convencional no se observaron diferencias entre dosis.

Finalmente en Nueve de Julio, a excepción de la dosis de 100 l de P líquido, todos los demás tratamientos presentaron resultados positivos a la fertilización, siendo las máximas diferencias para el MAP - SPT 100 voleo con 6,3 % sobre el testigo y Roca fosfórica 200 kg + P líquido 100 l con 4,7 %, sobre el testigo.

Tabla 3: Índice de verdor (Spad), rendimiento de grano (kg ha⁻¹), número (NG), peso de los granos y diferencia de rendimiento con el testigo no fertilizado con fósforo (kg ha⁻¹). Comparación de fuentes fosforadas líquidas en Maíz. Colón, BsAs. Campaña 2009/10.

Nº	Tratamiento	Índice verde (Spad)	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	Diferencia con Testigo P0 (kg ha ⁻¹) (Tn-T1)	NG (g m ⁻²)	P1000g (gramos)
T1	Testigo	47,9	10594		3797	275
T2	P líquido 100 l	56,4	13400	+2806	4335	326
T3	P líquido 150 l	54,9	13250	+2656	3974	306
T4	P líquido 200l	58,3	13175	+2581	4061	324
T5	P líquido NS 100 l	54,9	13062	+2468	3943	298
T6	MAP - SPT 30 + P líquido 150 l N150	55,3	12917	+2323	4216	305
T7	MAP – SPT 100 voleo N150	54,1	12182	+1588	3838	330
T8	MAP –SPT 100 N150	56,9	13911	+3317	4425	315
T9	Roca Fosforica 200 kg + P líquido 100 l	56,9	10666	+72	3379	324
	Sign est. (P)		0,147			
	CV (%)		9,89 %			

Tabla 4: Número de espigas, rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y diferencia con el testigo no fertilizado con fósforo. Comparación de fuentes fosforadas líquidas en Maíz. San Antonio de Areco, BsAs. Campaña 2009/10.

Nº	Tratamiento	Índice verde (Spad)	N espigas g m ⁻²	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	Diferencia con Testigo P0 (kg ha ⁻¹) (Tn-T1)
T1	Testigo	47,9	3797	8305	
T2	P líquido 100 l	56,4	4335	9924	+1618,8
T3	P líquido 150 l	54,9	3974	9443	+1137,9
T4	P líquido 200l	58,3	4061	9871	+1566,4
T5	P líquido NS 100 l	54,9	3943	10371	+2066,4
T6	MAP - SPT 30 + P líquido 150 l	55,3	4216	9424	+1118,8
T7	MAP – SPT 100 voleo	54,1	3838	10686	+2380,7
T8	MAP –SPT 100	56,9	4425	9852	+1547,4
T9	Roca Fosforica 200 kg + P líquido 100 l	56,9	3379	11262	+2956,9
	Sign est. (P)		0,132		
	CV (%)		10,7 %		

Tabla 5: Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y diferencia por el testigo no fertilizado con fósforo (kg ha⁻¹). Comparación de fuentes fosforadas líquidas en Maíz. Nueve de Julio, BsAs. Campaña 2009/10.

Nº	Tratamiento	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	Diferencia con Testigo P0 (kg ha ⁻¹) (Tn-T1)
T1	Testigo	14125	
T2	P líquido 100 l	14080	-45
T3	P líquido 150 l	14267	142
T4	P líquido 200l	14364	239
T5	P líquido NS 100 l	14377	252
T6	MAP - SPT 30 + P líquido 150 l	14362	237
T7	MAP – SPT 100 voleo	15020	895
T9	Roca Fosforica 200 kg + P líquido 100 l	14792	667
	Sign est. (P)	0,36	
	CV (%)	4,2 %	

En la Tabla 6 se presenta el rendimiento relativo (RR) de cada tratamiento, calculado como $RR_{Tn} = \frac{\text{Rendimiento } Tn}{\text{Rendimiento } T1} \times 100$. De esta manera, se pueden promediar los rendimientos de las tres localidades, asignando igual peso a cada sitio independientemente de su rendimiento absoluto. Se excluyó el tratamiento T8 debido a que no fue realizado en una de las localidades. La respuesta a la práctica de la fertilización fosforada fue alrededor del 15 %. Con muy

pequeñas diferencias sobre el resto, los tratamientos T5 (P líquido NS 100) y T7 (SPT-MAP 100 al voleo) fueron los de mejor comportamiento.

Tabla 6: Rendimiento relativo al testigo en las localidades de Colón, San Antonio de Areco y Nueve de Julio. A partir de estas localidades, se calculó el índice promedio. Comparación de fuentes fosforadas líquidas en Maíz. Campaña 2009/10.

Nº	Tratamiento	Colón	SA de Areco	Nueve de Julio	Índice Promedio
T1	Testigo	100,0	100,0	100,0	100,0
T2	P líquido 100 l	126,5	119,5	99,7	115,2
T3	P líquido 150 l	125,1	113,7	101,0	113,3
T4	P líquido 200l	124,4	118,9	101,7	115,0
T5	P líquido NS 100 l	123,3	124,9	101,8	116,7
T6	MAP - SPT 30 + P líquido 150 l	121,9	113,5	101,7	112,4
T7	MAP – SPT 100 voleo	115,0	128,7	106,3	116,7
T8	MAP –SPT 100	131,3	118,6		
T9	Roca Fosforica 200 kg + P líquido 100 l	100,7	135,6	104,7	113,7

Conclusiones:

*El ciclo climático fue muy favorable y permitió la expresión de una importante respuesta a la fertilización fosforada.

*La diferencia de rendimiento con el testigo alcanzó un 15 %, promedio de todos los tratamientos fertilizados en los tres ensayos.

*La fuente líquida evaluada permitió en todas las dosis incrementar los rendimientos, el número y el peso de los granos con relación al testigo, mostrando buena aptitud para su uso como fertilizante fosforado en maíz. No obstante, más allá de la escasa diferencia observada entre dosis, por su grado de P debería optarse por las más elevadas dentro de las evaluadas en esta experiencia, para no tornar excesivamente deficitario el balance del nutriente en el suelo.