

EVALUACION DE LA BIOFERTILIZACION EN EL CULTIVO MAÍZ EN UN SUELO DEL ESTADO GUARICO

Sol Medina¹, Marisol López² y Juan Viloria³

¹INIA Guárico, Estación Experimental Valle de la Pascua. Email: smedina@inia.gob.ve; ²INIA CENIAP, Maracay, Estado Aragua email: mlopez@inia.gob.ve; ³Técnico PNS, Est. Exp. Valle de la Pascua, INIA Guárico.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la biofertilización en dos cultivares de maíz: INIA 7 y Pioneer 30F35 en Tucupido, estado Guárico. Los tratamientos fueron: T1= 100% NPK; T2= 75% NP + 100% K + Biofertilizante; T3= 50% N-P+100% K + Biofertilizante; T4= 25 % NP+100% K + Biofertilizante; T5=Biofertilizante, sin NPK. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento en grano y los componentes del rendimiento. No se encontraron diferencias significativas para el efecto de Fertilización, ni para la interacción Fertilización x Cultivar, en ninguna de las variables evaluadas, mientras que para el efecto de cultivar se encontraron diferencias altamente significativas, solo para rendimiento en grano y número de hileras/mazorca. Las medias de rendimiento en grano con biofertilización fueron estadísticamente similares a la obtenida con fertilización inorgánica (NPK). Los resultados mostraron las bondades de los biofertilizantes a base bacterias nativas de los géneros *Azotobacter* y *Bacillus megatherium* en el cultivo maíz.

Palabras claves: *Azotobacter*, *Bacillus megatherium*, Biofertilización, Maíz, *Zea mays*.

INTRODUCCION

Las altas aplicaciones de fertilizantes inorgánicos de origen industrial y enmiendas junto al control de plagas, constituyen aspectos de los paquetes tecnológicos que incluyen agrotóxicos e intensiva mecanización agrícola, generado problemas de degradación de suelos (Torres *et al.*, 2005), afectándose procesos biológicos, los cuales se activan con prácticas agroecológicas (López, 2010). En el país se producen biofertilizantes simbióticos y asimbióticos, entre éstos últimos los fijadores de nitrógeno de vida libre (FNVL) y las solubilizadoras de fósforo (SF), los cuales pueden contribuir significativamente a suministrar nitrógeno (N) y fósforo (P) a cultivos altamente exigentes en estos elementos como son los cereales. Estos bioinsumos representan una opción para complementar con fuentes inorgánicas, las cuales se estiman tendrán un incremento interanual al 2019 en 19 % (11% fórmula + 8% urea), (MPPAT, 2009), lo cual hace necesario su racionalidad y la incorporación de otras fuentes locales orgánicas y biológicas que promuevan la sustentabilidad de los agroecosistemas y mitigar el impacto que ellos pueden ejercer sobre el entorno biofísico. En este sentido, se evaluó el efecto de biofertilizantes sobre parámetros de rendimiento en dos cultivares de maíz.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento: La investigación se realizó en la Finca “Roblecito”, ubicada en la localidad de Tucupido, Municipio Ribas del estado Guárico, durante el período de lluvias del año 2010. Según la clasificación taxonómica, el suelo corresponde a un Typic Cromuster, de textura fina, mixta, isohipertérmica, con capacidad de uso III ts. El paisaje del sitio experimental se describe como una altiplanicie de denudación colinosa con pendientes de 3 a 5 % de forma convexa (Medina, 1993). El suelo presenta fertilidad alta (Cuadro 1), siendo la principal limitante la baja disponibilidad de fósforo, lo cual parece indicar que está retenido con el calcio, ya que este elemento se encuentra alto (532 mg kg^{-1}) y posiblemente esté formando fosfatos de calcio, tal como ha sido mostrado en trabajos previos por López *et al.* (2008 a).

Cuadro 1. Características del suelo del sitio experimental. Profundidad 0-20 cm.

Característica	Valor
Arena (%)	20
Limo (%)	38
Acilla (%)	42
Textura	A
Fósforo-Olsen (mg kg^{-1})	6
Potasio-Olsen (mg kg^{-1})	166
Calcio-Morgan (mg kg^{-1})	532
Magnesio-Morgan (mg kg^{-1})	200
Materia orgánica (g kg^{-1})	64,0
pH (relación suelo-agua 1:2,5)	5,6
C.E. 1:5 dS/m a 25 °C	0,10

Análisis realizado en el laboratorio de Suelos-Agua y Planta del Centro de Investigaciones Agrícolas INIA-Guárico.

La siembra del experimento fue el 18 de junio del año 2010. Se utilizaron dos cultivares de maíz, la Variedad INIA 7 y el Híbrido Pioneer 30F35, ambos de granos amarillos. Los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 2. Los mismos fueron establecidos con base a diferentes proporciones: 100, 75, 50 y 25 % de la dosis de nitrógeno(N) y fósforo (P), recomendada (kg ha^{-1}): 150 de N, 90 de P_2O_5 y 45 de K_2O , según la disponibilidad de nutrimentos y los requerimientos de maíz (López *et al.*, 2008a), en los tratamientos T1- T4 se mantuvo el 100% de la dosis de potasio (K), en los T2, T3 y T4 la fertilización inorgánica (NPK) se complementó con biofertilizantes a base de *Azotobacter* (FNVL) y *Bacillus magatherium* (SF) a razón de 2 l.ha^{-1} cada uno, dosis recomendada por el INSAI. Se utilizó un diseño factorial 2x5 distribuidos en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por cuatro hileras de 5 m de largo, separadas a 0,80 m, con una separación entre plantas de 0,20 m. Para la toma de datos y la cosecha se

seleccionaron las dos hileras centrales. **Variables evaluadas:** Rendimiento en grano ajustado al 12 % de humedad y los componentes de rendimiento: Longitud de mazorca, Longitud efectiva de mazorca, N° de hileras, N° de granos/ hilera y Peso de 100 granos. **Análisis estadístico:** Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (1965) y luego se realizó el análisis de varianza y la separación de medias utilizando el programa Infostat, (2002).

Cuadro 2. Tratamientos de fertilización inorgánica y biológica evaluados en el cultivo maíz. Tucupido, Estado Guárico, 2010

Tratamientos	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	FNVL <i>Azotobacter</i>	SF <i>B.megatherium</i>
T1	100	100	100	(-)	(-)
T2	75	75	100	(+)	(+)
T3	50	50	100	(+)	(+)
T4	25	25	100	(+)	(+)
T5	0	0	0	(+)	(+)

(+) Con biofertilizante, (-) Sin biofertilizante, FNVL=fijador de nitrógeno de vida libre, SF=solubilizador de fósforo.

Simultáneamente, en la misma unidad de producción el agricultor sembró 5 ha del cultivar Pioneer 30F35 de granos amarillos, con el tratamiento T3 (50% de NP+100K+FNVL+SF) y 5 ha con el manejo utilizado en su siembra comercial, donde solo empleo fertilización química, lo cual permitió contrastar los resultados experimentales con la parcela comercial.

RESULTADOS Y DISCUSION

No se encontraron diferencias significativas para el efecto de Fertilización, ni en la interacción Fertilización x Cultivar para ninguna de las variables evaluadas, mientras que para el efecto de cultivar se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) solo para rendimiento en grano y número de hileras por mazorca (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de Varianza para Rendimiento en grano de maíz y componentes de rendimiento. Tucupido, Edo Guárico, 2010. Cuadrados Medios.

Fuente de variación	Rendimiento en grano	Longitud de mazorca	Longitud efectiva de mazorca	N° de hileras	N° de granos/hilera	Peso de 100 granos
Fertilización	0,65	1,15	0,42	1,25	2,31	5,81
Cultivar	35,04 **	0,14	0,93	82,94**	19,65	13,62
Fertilización x Cultivar	0,18	1,73	1,19	1,22	6,08	5,54

* Significativo al nivel de ($\alpha = 0,05$); ** Significativo al nivel de ($\alpha = 0,01$)

Las medias de rendimiento en grano de maíz con biofertilización, incluyendo el tratamiento con solo biofertilización (T5), fueron estadísticamente similares a la obtenida con

fertilización inorgánica, donde fue utilizada la dosis recomendada para ese tipo de suelo (T1), (Cuadro 4). Este resultado permite demostrar las bondades de la utilización de los biofertilizantes a base de bacterias nativas de los géneros *Azotobacter*, fijador de nitrógeno de vida libre (FNVL) y del *Bacillus megatherium*, solubilizadora de fósforo (SF) en cultivares de maíz.

Cuadro 4 Efecto de la biofertilización en maíz. Medias de Rendimiento en grano y componentes del rendimiento. Tucupido, estado Guárico, 2010.

Tratamiento	Rendimiento en grano (kg.ha ⁻¹)	Longitud de Mazorca (cm)	Longitud Efectiva de Mazorca (cm)	Nº de Hileras / mazorca	Nº de granos/ hilera	Peso de 100 granos (g)
T1	5.828	16,4	14,9	15,2	33,9	30,2
T2	5.458	16,8	14,5	15,9	34,6	31,1
T3	5.142	16,4	14,7	14,9	34,3	29,9
T4	5.548	16,3	14,8	15,4	33,7	29,2
T5	5.164	15,8	14,4	15,9	33,2	31,3
Media	5.428	16,36	14,66	15,28	33,94	30,43
CV (%)	9,65	6,11	8,35	7,56	6,58	8,26

Tratamientos: T1= 100% NPK; T2= 75% NP, 100% K + Biofertilizante; T3= 50% NP, 100% K + Biofertilizante; T4= 25 % NP, 100% K + Biofertilizante; T5= Biofertilizante sin NPK

El rendimiento promedio del ensayo se ubicó en 5.428 kg ha⁻¹, con un coeficiente de variación de 9,65%. Las variables medidas en la mazorca: Longitud de mazorca, Longitud efectiva de mazorca (longitud de mazorca con granos), Nº de hileras, Nº de granos/ hilera y el Peso de 100 granos, no mostraron diferencias estadísticas significativas como resultado de los tratamientos de fertilización aplicados, lo que soporta el comportamiento observado en el rendimiento en grano. En el caso del efecto de cultivar, se observaron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre el híbrido y la variedad, en cuanto al rendimiento en grano y al número de hileras/ mazorca, no así para el resto de las variables evaluadas (Cuadro 5).

Cuadro 5 Medias de Rendimiento en grano y sus componentes de acuerdo al tipo de cultivar de maíz utilizado en el ensayo de biofertilización. Tucupido, estado Guárico, 2010.

Tratamiento	Rendimiento en grano (kg.ha ⁻¹)	Longitud de Mazorca (cm)	Longitud Efectiva de Mazorca (cm)	Nº de Hileras	Nº de granos/ hilera	Peso de 100 granos (g)
Variedad	4.492 B	16,4	14,8	13,8 B	33,2	31,0
Hibrido	6.364 A	16,2	14,5	16,7 A	34,6	29,8

Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) según prueba de Medias de la MDS de Fisher

Los resultados obtenidos por el agricultor en una parcela comercial con el T3 y una reducción del 50 % de la dosis de N y P, 100% de K más biofertilización (FNVL, SF), se resume en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados obtenidos por el productor en la finca “Roblecito”, Tucupido, estado Guárico. 2010

Características	Parcela con fertilización inorgánica	Parcela con biofertilización
Fecha de siembra	18 de Junio	18 de Junio
Híbrido	Pioneer 30F35	Pioneer 30F35
Superficie	5 ha	5 ha
Fertilización	350 kg/ha de formula 7-31-24 200 kg/ha de Urea (Reabono)	200 kg/ha de Fórmula 7-31-24 130 kg/ha de urea (Reabono) 2l/ha de <i>Azotobacter</i> (FNVL) 2l/ha de <i>B. megatherium</i> (SF)
Rendimiento	4.575 Kg/ha	5.555 Kg/ha

Se logró una producción de grano de alrededor de 1000 kg ha⁻¹ por encima de la obtenida en la parcela manejada por el agricultor con la fertilización inorgánica, con lo cual se redujo la utilización de 150 kg ha⁻¹ de formula completa y de 70 kg ha⁻¹ de urea para el reabono, manejo que permitió disminuir los costos de producción por hectárea por este concepto, y al mismo tiempo se incrementaron los beneficios económicos al incrementarse el rendimiento en grano. Los resultados coinciden con los obtenidos por López *et al.*, (2008 b) en dos suelos contrastantes venezolanos, donde se probó el efecto de biofertilizantes bacterianos a base de las mismas cepas sobre el crecimiento de un cultivar de maíz (cv INIA-SQ-1), mostrándose el potencial de la cepa FNVL para estimular el crecimiento vegetal y fijar nitrógeno atmosférico de forma asociativa, con mejor comportamiento en el suelo de mayor disponibilidad de P. Estas cepas también han sido evaluadas con éxito en otros cultivos de interés alimenticio como cebolla (Sulbaran, 2010), papa (Ruiz *et al.*, 2008) tomate y pimentón (López, 2010). El manejo combinado de fertilizantes biológicos e inorgánicos, mostró ser una alternativa económicamente viable y técnicamente confiable para suelos de la localidad de Tucupido, estado Guárico.

CONCLUSIONES

La combinación de fertilizantes biológicos con bajas dosis de fuentes de origen industrial resultó una opción para hacer un manejo más agroecológico del maíz, mostrándose la efectividad de los biofertilizantes a base de cepas nativas para incrementar los rendimientos en suelos de altiplanicie del estado Guárico.

Las diferencias significativas obtenidas entre el híbrido y la variedad en parámetros de rendimiento, indican la necesidad de continuar evaluaciones de los biofertilizantes hasta

obtener la mejor compatibilidad cepa-suelo-cultivar y adecuar las herramientas de recomendaciones de fertilización con principios agroecológicos.

La incorporación de los biofertilizantes a base de cepas nativas en el plan de fertilización del maíz en la parcela comercial conducida por el agricultor, incrementó los rendimientos en grano en 1000 kg ha⁻¹ más en comparación con la parcela manejada con el plan de fertilización inorgánica convencional, lográndose una reducción de las dosis de nutrientes aplicados en forma de N y P de 50% y las fuentes inorgánicas utilizadas.

BIBLIOGRAFIA

- INFOSTAT. (2002). Versión 1/P. Universidad Nacional de Córdoba. Republica de la Argentina.
- LÓPEZ DE R., I., N. ALFONZO, N. GÓMEZ, M. NAVAS y P. YÁNEZ, (2008 a). Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. Maracay. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 400p. (Serie B N° 18)
- LÓPEZ, M. (2010). Fundamentos conceptuales y consideraciones técnicas de los biofertilizantes. Algunas experiencias en el uso de biofertilizantes en Venezuela. Seminario Binacional Hacia la Fertilización Integral de los cultivos en la Región Andina. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelos, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, UNER, PQUIVEN. San Cristóbal, estado Táchira, 11 y 12 de noviembre, 2010, 6p.
- LÓPEZ, M., R. MARTÍNEZ-VIERA, M. BROSSARD, A. BOLÍVAR N. ALFONZO; A. ALBA y H. PEREIRA. (2008 b). Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Tropical*. 58 (4): 391-401.
- MEDINA, S. (1993). Comportamiento del maíz en relación a las dosis de nitrógeno, densidad y época de siembra en el estado Guárico. Trabajo de Grado de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 266 p.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA AGRICULTURA Y TIERRAS (MPPAT). Proyecciones para alcanzar la soberanía agroalimentaria período 2009-2019. Presentación, noviembre, 2009.
- RUIZ, S., H. YULYSET, J. MENDOZA, M. BROSSARD y R. MARTÍNEZ – VIERA, (2008). Evaluación de biofertilizantes a base de cepas nativas en el cultivo papa (*Solanum tuberosum*) en condiciones de umbráculo y en campo en el Municipio Jauregui, La Grita estado Táchira. Informe de resultados en el marco del convenio Cuba-Venezuela. 12 p.
- SHAPIRO, S.S., y M.B. WILK. (1965). Analysis of variance test for normality. *Biometrika* 52:591-599
- SULBARAN, J. (2010). Evaluación de biofertilizantes nativos en el cultivo de cebolla en el Sombrero, estado Guárico. Trabajo de pasantías, como requisito para optar al título de ingeniero agrónomo en la Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos. 40 p.
- TORRES, D., A. FLORENTINO y M. LÓPEZ. (2005). Pérdidas de suelo y nitrógeno por escorrentía en un suelo ultisol degradado bajo diferentes condiciones de cobertura vegetal en Chaguaramas-Guárico. *Agronomía Tropical*. 55(4): 475-496.