

# EVALUACION DE CARACTERISTICAS BIOMETRICAS Y CONCENTRACIONES FOLIARES DE N-P-K EN EL CULTIVO MAÍZ CON BIOFERTILIZACION EN EL ESTADO GUARICO

**Sol Medina<sup>1</sup>, Marisol López<sup>2</sup> y Juan Viloria<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>INIA Guárico, Estación Experimental Valle de la Pascua.. email: [smedina@inia.gob.ve](mailto:smedina@inia.gob.ve); <sup>2</sup>INIA CENIAP, Maracay, Estado Aragua email: [mlopez@inia.gob.ve](mailto:mlopez@inia.gob.ve); <sup>3</sup>Técnico PNS, Estación Experimental Valle de la Pascua, INIA Guárico.

## RESUMEN

Durante el año 2010 se condujo un ensayo en Tucupido, Estado Guárico, con el objetivo de evaluar el efecto de la biofertilización en un cultivo de maíz. Los tratamientos evaluados fueron: T1= 100% N-P-K; T2= 75% N-P, 100% K + biofertilizante; T3= 50% N-P, 100% K + biofertilizante; T4= 25 % N-P, 100% K + biofertilizante; T5= 0% N-P-K + biofertilizante, y dos cultivares de maíz. Las variables evaluadas fueron: Características biométricas y Concentraciones foliares de N-P-K. Se encontraron diferencias significativas para el efecto de Fertilización sobre floración masculina. Los tratamientos T1 al T4 fueron estadísticamente similares en comportamiento, mientras que para el efecto cultivar se encontraron diferencias significativas para altura de planta y floración masculina ( $p < 0,05$ ) y altura de mazorca ( $p < 0,001$ ). Los tratamientos T1 y T2 presentaron las mayores concentraciones de fósforo foliar. La utilización del *Azotobacter* y del *Bacillus megatherium* mostraron complementar los requerimientos nutricionales del cultivo maíz.

Palabras Clave: *Azotobacter*, *Bacillus megatherium*, Biofertilización Maíz, *Zea mays*,

## INTRODUCCION

El manejo combinado de fertilizantes orgánicos y químicos, constituyen una alternativa económicamente viable y técnicamente confiable para mejorar y potenciar las propiedades biológicas, bioquímicas, químicas y físicas del suelo a corto y mediano plazo sin afectar el rendimiento de los cultivos. Los biofertilizantes se definen como: “productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que, al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo, así como suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento” (Martínez, 2004). 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 que indica la necesidad de propiciar 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. Países tropicales como Brasil, Cuba, Perú, India, Filipinas entre otros, han alcanzado éxitos con la utilización de los biofertilizantes en diferentes cultivos de interés, tales como: caña de azúcar, trigo, arroz, tomate, algodón entre otros con la reducción de hasta el 50% de los fertilizantes

nitrogenados y fosfóricos convencionales, con un incremento en los rendimientos entre el 15-30% (Peñaranda *et al.*, 2005) citado por Cuervo (2010). En este sentido, se evaluó el efecto de biofertilizantes sobre parámetros morfológicos y concentraciones foliares de N-P-K de 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, entre los meses de junio a noviembre 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 éste elemento está retenido al calcio y a la materia orgánica, ya que el calcio se encuentra alto ( $532 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y la materia orgánica también, tal como ha sido mostrado por López *et al.* (2008 a) en trabajos previos.

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

Característica	Valor
Arena (%)	20
Limo (%)	38
Acilla (%)	42
Textura	A
Fósforo-Olsen ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	6
Potasio-Olsen ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	166
Calcio-Morgan ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	532
Magnesio-Morgan ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	200
Materia orgánica ( $\text{g kg}^{-1}$ )	64
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 ( $\text{kg ha}^{-1}$ ): 150 de N, 90 de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 45 de  $\text{K}_2\text{O}$ , según la disponibilidad de nutrimentos y los requerimientos de maíz. 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 megatherium* (SF) a razón de  $2 \text{ l.ha}^{-1}$  cada uno, de acuerdo a la recomendación dada por el INSAI.

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

Tratamientos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	FNVL	SF
	(%)	(%)	(%)	<i>Azotobacter</i>	<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

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:** características biométricas de maíz: floración masculina y femenina, Altura de planta y mazorca, diámetro de tallo y concentraciones foliares de N, P y K. **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).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se encontraron diferencias significativas para el efecto de fertilización, al nivel de  $p < 0,05$  sobre floración masculina de maíz, mientras que para el efecto cultivar se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para altura de planta y floración masculina y significativas al nivel de  $p < 0,05$  para altura de mazorca. La interacción fertilización x cultivar no mostró tener efecto sobre las características biométricas y el diámetro de tallo (Cuadro 3).

Cuadro 3 Análisis de varianza para características biométricas y diámetro de tallo en maíz. Tucupido, estado. Guárico 2010. Cuadrados Medios.

Fuente de variación	Floración		Altura de		Diámetro de tallo
	Masculina	Femenina	Planta	Mazorca	
Fertilización	2,62*	1,60	42,54	26,10	7,16
Cultivar	18,22 **	1,22	2907,02**	225,62*	0,06
Fertilización x Cultivar	1,35	0,72	1,19	123,12	3,25

\* Significativo al nivel de ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo al nivel de ( $p < 0,01$ )

En el caso de las concentraciones foliares, los resultados se muestran en el Cuadro 4. Se observó que tanto la fertilización como el tipo de cultivar, tuvieron un efecto significativo sobre la concentración de Fósforo foliar al nivel de  $p < 0,05$  y  $p < 0,01$  respectivamente, no así para N y K.

Cuadro 4 Análisis de varianza para Concentraciones foliares de N, P y K en maíz. Tucupido, edo. Guárico, 2010. Cuadrados Medios.

Fuentes de Variación	Concentraciones Foliares		
	N	P	K
Fertilización	0,01	0,002 *	0,07
Cultivar	0,02	0,02 **	0,0002
Fertilización x Cultivar	0,02	0,0002	0,07

\* Significativo al nivel de ( $p < 0,05$ )

\*\* Significativo al nivel de ( $p < 0,01$ )

Las medias de floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca y diámetro de tallo, se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5 Medias de Características biométricas y diámetro de tallo en maíz. Tucupido, estado Guárico, 2010

Tratamiento	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Diámetro de tallo (mm)
T1	51,88 A	54,00	227,75	108,25	22,37
T2	51,50 A	53,12	229,38	103,88	23,43
T3	51,88 A	54,00	227,75	108,25	23,65
T4	52,00 A	53,25	224,25	107,25	22,15
T5	53,00 B	54,00	224,12	106,50	21,37
Variedad	51,45 A	53,50	218,05 B	104,45 B	22,62
Hibrido	52,65 B	53,85	235,10 A	109,20 A	22,54
Media	<b>52,05</b>	<b>53,67</b>	<b>226,59</b>	<b>106,83</b>	<b>22,58</b>
CV (%)	<b>1,38</b>	<b>2,06</b>	<b>5,10</b>	<b>6,37</b>	<b>8,53</b>

Tratamientos: T1= 100% N-P-K; T2= 75% N-P, 100% K + Biofertilizante; T3= 50% N-P, 100% K + Biofertilizante; T4= 25 % N-P, 100% K + Biofertilizante; T5= 0% N-P-K + Biofertilizante. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $\alpha = 0,05$ ) según prueba de Medias de la MDS de Fisher

La floración masculina en maíz fue alcanzada entre los 51 y 53 días después de la siembra, siendo el tratamiento más tardío el T5, mientras que los tratamientos T2 al T4 con aplicación de biofertilizantes (FNVL, SF), se comportaron de manera similar al tratamiento donde fue aplicado solo fertilización inorgánica, lográndose un adelanto en la floración masculina entre 1 a 2 días con respecto al T5. Resultados similares son reportados por Uribe *et al.* (2005) y Posada (2004), utilizando bioinsumos en maíz. Por el contrario, la

ocurrencia de estrés por nutrientes o de cualquier otra índole, produce retardo en la floración en este cultivo (Cabrera, 2000). Para el resto de las características evaluadas, el comportamiento fue similar a través de los tratamientos de fertilización. En el caso del efecto de cultivar, la variedad alcanzó la floración masculina de manera más temprana que el híbrido, al igual que alcanzó alturas de planta y mazorca inferiores al híbrido. El diámetro del tallo fue similar en ambos cultivares.

En el Cuadro 6 se muestran las concentraciones foliares de N, P y K encontrados en los diferentes tratamientos de fertilización y cultivares de maíz evaluados. Los niveles de N-P-K en todos los tratamientos de fertilización y cultivares, estuvieron dentro de los rangos establecidos por Ramírez (1980) y Jones (1967) citado por Ramírez, (1980), como valores adecuados. Esto pudiera indicar que las dosis y la combinación de fertilizantes inorgánicos con los biológicos cubrieron los requerimientos de N, P y K en los cultivares de maíz evaluados, lo cual se refleja en los resultados obtenidos en las variables evaluadas. En este sentido, los biofertilizantes muestran potencial para utilizarse en combinación con fuentes industriales, constituyendo una opción viable para reducir la dosis de éstos últimos. Las concentraciones de P fueron más altas en los tratamientos T1 y T2 con diferencias estadísticas significativas con respecto a los otros tratamientos. Sin embargo, las diferencias en la concentración de P no influyeron significativamente en las variables biométricas evaluadas. Éstos resultados indican por una parte, la necesidad de continuar las evaluaciones y definir niveles críticos de nutrientes en estos cultivares, y por otro lado, continuar evaluando las dosis de biofertilizantes y la densidad de las bacterias solubilizadoras de fósforo durante la fase de crecimiento vegetativo del cultivo.

Cuadro 6 Concentraciones foliares de N, P y K en maíz con tratamientos de biofertilización. Tucupido, 2010

Tratamiento	Concentraciones Foliares (%)		
	N	P	K
T1	2,83	0,29 A	2,48
T2	2,83	0,29 A	2,41
T3	2,81	0,27 AB	2,26
T4	2,76	0,26 B	2,28
T5	2,76	0,26 B	2,34
<b>Variedad</b>	2,78	0,30 A	2,36
<b>Híbrido</b>	2,82	0,25 B	2,35
<b>Media</b>	<b>2,80</b>	<b>0,27</b>	<b>2,35</b>
<b>CV(%)</b>	<b>5,55</b>	<b>9,11</b>	<b>9,68</b>

Tratamientos: T1= 100% N-P-K; T2= 75% N-P, 100% K + Biofertilizante; T3= 50% N-P, 100% K + Biofertilizante; T4= 25 % N-P, 100% K + Biofertilizante; T5= 0% N-P-K + Biofertilizante. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $\alpha= 0,05$ ) según prueba de Medias de la MDS de Fisher

Sin embargo, esto no fue problema para que el cultivo lograra suplir sus requerimientos nutricionales y alcanzara su máximo desarrollo. López *et al.* (2008 b), no encontraron diferencias entre los tratamientos con fertilización inorgánica y con inoculación conjunta de FNVL y SF, como las encontradas en este trabajo, lo cual pudo deberse a que los niveles de fósforo fueron medidos en épocas tempranas del cultivo, donde la suplencia de este elemento producto de los tratamientos de fertilización, fue suficiente para la planta.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los biofertilizantes a base de *Azotobacter* y del *Bacillus megatherium* bajo las condiciones de suelo y clima de este ensayo, mostraron ser una opción viable para complementar los requerimientos nutricionales del cultivo maíz.
2. Se observaron diferencias en comportamiento entre el híbrido y la variedad, en cuanto a floración masculina, altura de planta y mazorca y concentraciones de P foliar, lo cual indica la necesidad de evaluar: dosis de biofertilizantes, cultivares disponibles en el país y nuevas cepas para observar tendencias y adecuar las herramientas de recomendaciones de fertilización actuales con principios agroecológicos.
3. La concentración de fósforo foliar disminuyó en la medida que disminuían las dosis de nitrógeno y fósforo inorgánico, lo cual señala la necesidad de afinar las dosis iniciales de aplicación de bacterias, que asegure la colonización y su desarrollo posterior en el suelo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- INFOSTAT. (2002). Versión 1/P. Universidad Nacional de Córdoba. Republica de la Argentina
- CABRERA, S. (2000). Épocas de siembra y densidades de siembra. En: El Maíz en Venezuela. Fundación Polar. Compiladores: Fontana H. y González, C. pp: 295-309.
- CUERVO, J. (2010). Aislamiento y caracterización de *Bacillus* spp como Fijadores biológicos de nitrógeno y Solubilizadores de fosfatos en dos muestras de Biofertilizantes comerciales. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas. Carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria, Bogota. 28 p. En: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis404.pdf>
- 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., 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.
- MARTINEZ, R. (2004). Desarrollo y manejo de los biofertilizantes con énfasis en el trópico. INIA-CENIAP-Edificio 1. Recursos agroecológicos, del 30 de noviembre al 03 de diciembre de 2004.

- MEDINA, S. (1993). Comportamiento del maíz en relación a las dosis de nitrógeno, densidad y época de siembra en el estado Guárico. Tesis 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.
- POSADA., L, (2004). Efecto de tres niveles de fósforo sobre la Asociación de Mycoral@ con tres genotipos de Maíz. Trabajo Especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 19 p. En: [zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2004/T1979.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2004/T1979.pdf).
- RAMIREZ, R. (1980) Nutrición del maíz en Venezuela. IV. Valores standard, adecuados de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio para interpretación de análisis foliar en maíz. Agronomía. Tropical, 30(1-5): 125-133.
- SHAPIRO, S.S. y M.B. WILK. (1965). Analysis of variance test for normality. Biometrika 52:591-599
- URIBE, G., J. PETIT y R. DZIB. (2005). Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de biofertilizantes en el sistema roza, tumba y quema en suelo Alfisol (Chac-lu'um, nomenclatura Maya), en Yucatán, México. En: <http://www.ilustrados.com/tema/10857/Respuesta-cultivo-maiz-aplicacion-biofertilizantes-sistema.html>