

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN SUPLEMENTARIA Y EFECTO DE DOS MEJORADORES DE SUELO EN MAÍZ¹

Román Gordón Mendoza²; Jorge Franco Barrera³

RESUMEN

Se establecieron cinco ensayos por año en la región de Azuero entre agosto y enero durante tres años seguidos. El objetivo fue determinar alternativas en el manejo de la fertilización suplementaria del cultivo de maíz, así como determinar el incremento del rendimiento por la utilización de bio-estimulantes en el suelo. El diseño experimental utilizado fue Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en dos factores en un arreglo factorial 3 x 3. El primer factor fue: distintos manejos de la fertilización suplementaria a los 21 y 37 días después de siembra (dds) con los fertilizantes urea y abono nitrogenado. El segundo factor fue el uso de los bio-estimulantes del suelo a base de algas y humus, el tercer nivel de este factor fue parcelas sin aplicación de bio-estimulantes. Los bio-estimulantes fueron aplicados al momento de la siembra, junto con la aplicación de los herbicidas. De acuerdo a los resultados obtenidos durante los tres años del estudio, no hubo un incremento estadísticamente significativo en el rendimiento de grano por la aplicación de los bio-estimulantes. En años de precipitación errática o escasa, los tratamientos con abono nitrogenado, fueron una alternativa para la sustitución del uso de urea en la aplicación a los 21 dds. El análisis económico indicó que la doble aplicación del abono nitrogenado sin bio-estimulante superó al resto de los tratamientos. Por otra parte, el análisis de estabilidad indicó que el tratamiento más estable fue la combinación abono nitrogenado-urea sin aplicación de bio-estimulantes.

PALABRAS CLAVES: Rendimiento de grano, tipos de suplementos, abono nitrogenado, bio-estimulantes del suelo, urea.

¹ Recepción: 14 de septiembre de 2013. Aceptación: 8 de octubre de 2013. Trabajo realizado en el Proyecto: Manejo Integrado del Cultivo de Maíz.

² M.Sc. en Protección de Cultivos, ³ M.Sc. en Ciencias Ambientales. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA) "Ing. Germán De León".

SUPPLEMENTARY FERTILIZATION MANAGEMENT AND TWO SOIL IMPROVEMENT EFFECT IN CORN

ABSTRACT

Fifteen trials were established in Azuero Region on the second sowing season (August-January), to determine some alternatives for corn supplementary fertilization management and to measure grain yield increase by soil bio-stimulant utilization. It was used a complete randomized block design with four replicates. The treatments consisted in two factors in a 3 x 3 factorial arrangement. The first factor (Supplementation Type) comprised in different supplementary fertilization managements at 21 and 37 days after seeding (dap) with urea (46-0-0) and nitrogen fertilizer (27-6-3-2-4). The second factor was the use of soil bio-stimulant algae extract and humus, the third level of this factor was a tester (plots without bio-stimulant application), for nine treatments. The soil bio-stimulants were applied at seeding, along with the herbicides. According to the obtained results during the three years of this experiment, grain yield increase was not significant, as a result of the bio-stimulant application. The rainfall at some crop development stage affected urea substitution by other types of supplements. During the years with lack or uneven rainfall, the treatments with N-Fertilizer can be an alternative to urea substitution for using at the first spread at 21 dap. The economic analysis indicated that application of double N-Fertilizer without bio-stimulant succeeded the other treatments. On the other hand, the stability analysis indicated that N-Fertilizer-Urea without bio-stimulant was the most stable treatment.

KEY WORDS: Grain yield, supplementary fertilization, nitrogen fertilizer, soil bio-stimulant, urea.

INTRODUCCIÓN

El uso del nitrógeno es considerado como esencial en la producción del cultivo de maíz; después de muchos estudios se ha podido documentar la importancia de este elemento, así como la respuesta positiva de este cultivo a la aplicación de diferentes fuentes que contienen este elemento. Los fertilizantes nitrogenados son ineficientes porque cerca del 50% del nitrógeno

aplicado es recuperado por los cultivos. La pérdida puede ser parcialmente controlada por el manejo, por el momento de la aplicación y por las aplicaciones fraccionadas y controlando la tasa de disolución de los fertilizantes nitrogenados usando gránulos revestidos (Paliwal et al. 2001).

El nitrógeno aplicado como urea en la superficie del suelo se convierte

rápidamente en amoníaco (NH_3) cuando existe inadecuada humedad, temperatura y presencia de la enzima ureasa. Este NH_3 puede escapar a la atmósfera a través de la volatilización (Potash and Phosphate Institute 1988).

Para la producción del maíz en la región de Azuero, se realizan aplicaciones de nitrógeno (N) en forma de urea, que oscilan entre 70 y 165 kg N/ha, en uno o dos fraccionamientos. Una gran proporción de esta urea es aplicada a la superficie del suelo al voleo o por bandas. Estas formas superficiales de aplicación de fuentes de N amoniacales pueden conducir a pérdidas considerables por volatilización directa o por escorrentía, y así contribuir a la baja eficiencia de su uso.

Diversos estudios han mostrado que la eficiencia de absorción de nitrógeno es baja en los sistemas de producción de maíz. Comparaciones entre tratamientos con aplicaciones de nitrógeno indican una eficiencia aparente de uso del N aplicado cercana al 30%.

Trabajos realizados por Gordón et al. (1997) mostraron una eficiencia baja de absorción (cercana al 30%), confirmando de esta manera los datos obtenidos anteriormente. Estos mismos autores

encontraron recientemente que la cantidad de N que optimiza el rendimiento de maíz aumentó de 130 a 198 kg N/ha (Gordón et al. 2004).

Se ha encontrado que aplicaciones foliares de extractos de algas marinas, reforzaron las enzimas que las plantas contienen en su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentario (más nutrición) y activaron sus funciones fisiológicas (más vigor) (Fox y Cameron, López et al. citados por Canales 1999). Experimentos realizados por Canales (1999) indicó que hubo un incremento entre 1.0 y 3.0 t de maíz en parcelas que fueron asperjadas con alga-enzimas. Senn (1987) indicó que la incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos, básicamente porque se administra a los cultivos todos los macro y micro nutrientes que requiere la planta, y 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento.

Las algas marinas se aplican en la agricultura tal cual, en forma de harina, de extractos y de polvos solubles. Si los derivados son elaborados en la forma apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan en estado viable y se propagan por un tiempo donde se

aplican potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Metting et al. 1990). Algaenzims® es un producto orgánico, extraído de algas marinas, el mismo puede aplicarse al suelo, asperjarse al follaje o a la semilla, refuerza la acción de los fertilizantes, insecticidas y fungicidas, contiene más de 70 iones y las enzimas específicas para cada uno de ellos, contiene un agente quelatante: el manitol, ácidos algínicos, reguladores de crecimiento semejantes en su acción a giberelinas, cito quininas y auxinas (Palau-Bioquim 2005).

El ácido húmico es un componente del humus que está constituido por las huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Los organismos heterótrofos requieren materia orgánica como fuente de carbono, siendo del humus la forma en la que más fácilmente lo toman.

Básicamente, los ácidos húmicos son reservas de nutrientes para las plantas. Viva® es un bio-estimulante de aplicación radicular para aplicación en los diferentes cultivos. El mismo es un producto a base de ácido húmico que aporta elementos nutritivos de rápida utilización para la planta. Estimula la actividad en la planta obteniendo mejor

equilibrio hormonal, uniformidad en la maduración y tamaño de los frutos. Está compuesto de materia orgánica (33.0%), proteínas, aminoácidos (12.5%), polisacáridos (1.5%), ácidos húmicos (2.7%) y potasio como K₂O (4.0%). La acción sinergista de sus componentes, actúa de manera combinada sobre el complejo suelo-raíz-planta (Palau-Bioquim 2005).

Se efectuó un experimento con el objetivo de determinar algunas alternativas en el manejo de la fertilización suplementaria del cultivo de maíz. Un segundo objetivo fue determinar el incremento de los rendimientos de grano por la utilización de bio-estimulantes del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación:

Se estableció un experimento en 15 localidades de la región de Azuero de la República de Panamá en los años 2004, 2005 y 2006, los mismos fueron sembrados entre los meses de agosto a enero de cada año. Las localidades de El Ejido, La Enea, Guararé y Pocrí fueron incluidas los tres años del estudio, ubicando los ensayos en las mismas parcelas. La quinta localidad varió en cada año que duró el estudio (Cuadro 1).

CUADRO 1. UBICACIÓN Y FECHA DE SIEMBRA DE LAS DIEZ LOCALIDADES DEL ENSAYO DE MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN SUPLEMENTARIA EN EL CULTIVO DE MAÍZ, AZUERO, PANAMÁ.

	Localidad	Distrito	Latitud	Longitud	Fecha de siembra		
					2004	2005	2006
1.	El Ejido	Los Santos	7°54.49'	80°22.31'	3-sep	31-ago	1-sep
2.	La Enea	Guararé	7°51.08'	80°16.47'	7-sep	02-sep	5-sep
3.	Guararé	Guararé	7°49.15'	80°17.44'	8-sep	09-sep	4-sep
4.	Pocrí	Pocrí	7°39.14'	80°07.19'	23-sep	13-sep	11-sep
5.	Candelaria	Pocrí	7°42.50'	80°10.12'	13-sep		
6.	Sabana Grande	Los Santos	7°50.20'	80°22.38'		20-sep	
7.	San José	Las Tablas	7°50.20'	80°22.38'			7-sep

Caracterización edáfica:

Antes de la siembra de cada ensayo, se tomó una muestra de suelo para su análisis. Para esto, se tomó una muestra compuesta de 0 a 20 cm de profundidad en cada uno de los bloques, las muestras fueron homogeneizadas y enviadas al Laboratorio de Suelos del IDIAP para su análisis.

A las muestras de suelo se les realizó el análisis según Díaz-Romeu y Hunter (1978). El análisis químico del suelo de las localidades, mostró la variabilidad que se puede encontrar en la región maicera de Azuero.

El pH de los suelos indicó que los mismos son de ácidos (4.1) a ligeramente ácidos (6.6) pero con bajo contenido de aluminio (Al).

Las texturas van desde franco-arenoso hasta arcilloso con contenidos de arcillas entre 12 y 36%.

En cuanto a la fertilidad, todos son bajos en fósforo (P) (excepto en Sabana Grande y Pocrí del año 2005), medios en potasio (K) y medios en calcio (Ca) y magnesio (Mg). La materia orgánica (MO) osciló entre 1.71 y 3.15% (Cuadro 2).

CUADRO 2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LOS ENSAYOS.

Localidad	Año	Arena	Limo	Arcilla	pH	MO	K	Ca	Mg	Al	P	Mn	Fe	Zn	Cu	Text
		(%)				(%)	(cmol kg ⁻¹)			(mg lt ⁻¹)						
El Ejido	2004	56	26	18	4.8	2.16	0.18	4.1	2.0	0.2	tr	45	4	tr	3	FARA
	2005	48	18	34	5.1	2.22	0.21	5.6	4.7	0.2	2	42	10	2	2	FARA
	2006	42	18	40	4.7	2.52	0.18	6.4	5.5	0.1	2	21	4	tr	1	ARC
La Enea	2004	60	20	20	4.1	1.71	0.19	2.2	1.7	0.8	3	51	12	2	3	FARA
	2005	68	20	12	4.3	1.28	0.21	1.5	1.9	0.7	8	56	22	1	2	FA
	2006	48	18	34	5.1	2.05	0.32	7.9	6.2	0.1	4	15	7	tr	1	FARC
Guararé	2004	34	20	46	5.7	3.15	0.15	6.5	3.7	0.2	1	41	3	3	5	ARC
	2005	38	20	42	6.1	1.47	0.46	2.2	3.1	0.2	5	32	8	1	1	ARC
	2006	48	32	30	5.5	2.16	0.33	18.5	12.4	0.1	8	16	11	tr	1	FARA
Pocrí	2004	38	26	36	5.3	2.16	0.51	6.9	3.2	0.1	5	14	7	tr	3	FARC
	2005	36	38	26	5.4	1.76	0.46	9.3	4.7	0.2	17	31	28	2	1	F
	2006	38	28	34	4.8	2.64	0.48	7.9	6.2	0.1	15	22	16	1	1	FARC
Candelaria	2004	62	14	24	4.5	1.96	0.21	1.6	1	0.3	3	72	23	4	2	FARA
Sba Gde	2005	60	26	14	6.6	1.37	0.62	1.9	6.1	0.1	187	31	18	3	1	FA
San José	2006	58	16	26	5.3	1.93	.22	8.8	4.0	0.1	2	34	26	12	1	FARA

FARA = Franco arcillo-arenoso, ARC = Arcilloso, FARC = Franco arcilloso, FA = Franco arenoso, F = Franco, tr = Trazas.

Características climáticas:

Se tomó datos de la precipitación pluvial en cinco pluviómetros ubicados en zonas adyacentes a los ensayos. Los registros obtenidos se pueden observar en el Cuadro 3. Los datos indicaron que el promedio de lluvias durante el desarrollo del cultivo (septiembre-diciembre) en las cinco localidades en el año 2004 osciló entre 403 y 593 mm. En el 2005, este rango aumentó con valores entre 521 y 1386 mm, para los mismos meses, mientras que para el 2006, estos valores oscilaron entre 258 y 660 mm.

En los tres años de estudio, las localidades ubicadas al sur de la región (Pocrí, Candelaria y San José), tuvieron registros superiores a las ubicadas al norte (El Ejido, La Enea, Guararé y Sabana Grande). En las localidades del norte, la precipitación en los primeros 30 días del cultivo, en el año 2004, fue significativamente menor en comparación con las localidades del sur, este mismo resultado se observó en el año 2005 y 2006, con excepción del ensayo sembrado en Sabana Grande (245 mm).

CUADRO 3. PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA (MM) EN LOS PERÍODOS CRÍTICOS DEL CULTIVO EN LAS LOCALIDADES EN DONDE SE DESARROLLARON LOS ENSAYOS EN AZUERO, PANAMÁ.

Año	Localidades	Ubicación	Precipitación acumulada por fase (mm)				Total
			0-30 dds	31-50 dds	51-80 dds	> 80 dds	
2004	El Ejido	N	113	134	99	57	403
	La Enea	N	137	148	140	55	479
	Guararé	N	127	148	140	55	469
	Pocrí	S	229	130	192	43	593
	Candelaria (Ca)	S	319	99	80	50	548
2005	El Ejido	N	131	152	194	82	559
	La Enea	N	145	95	253	81	573
	Guararé	N	141	154	194	53	541
	Pocrí	S	355	443	322	267	1386
	Sabana Grande (SG)	N	245	91	170	15	521
2006	El Ejido	N	50	91	114	70	325
	La Enea	N	36	65	86	76	263
	Guararé	N	31	65	86	76	258
	Pocrí	S	364	90	138	68	660
	San José (SJ)	S	193	242	154	71	660

En el año 2004, la precipitación acumulada desde la antesis a la fase R2 (51-80 dds) estuvo ligeramente superior al valor mínimo para sufrir estrés hídrico (150 mm), con excepción de El Ejido (99.0 mm) y Candelaria (79.5 mm). La precipitación en esta fase para el 2005 fue superior a la observada el año anterior y en ninguna de las localidades se presentó lluvias por debajo de los 150 mm.

El año 2006 tuvo una precipitación menor en esta fase para todas las localidades del norte, mientras que las del sur, el registro de lluvias estuvo cerca de este valor.

En la otra fase crítica (después de 80 dds), la precipitación pluvial de la región en el 2004 estuvo por debajo del mínimo requerido (100 mm) en todas las localidades.

En el año 2005, la precipitación en esta fase fue normal, con excepción de los ensayos sembrados en Sabana Grande y Guararé, en donde se presentó una baja precipitación, 15 y 52.9 mm, respectivamente.

Para el 2006, la precipitación en esta fase tuvo registros muy similares en todas las localidades con valores que oscilaron entre 68 y 76 mm.

Tratamientos y diseño experimental:

Los tratamientos consistieron en dos factores en un arreglo factorial 3 x 3. El primer factor (Tipo de Suplementación) consistió en distintos manejos de la fertilización suplementaria a los 21 y 37 días después de siembra (dds) con los fertilizantes urea (46-0-0) y abono nitrogenado (27-6-3-2-4) (AbNit).

El otro factor, lo constituyó el uso de los bio-estimulantes del suelo a base de un extracto de algas (en dosis de 1.0 ltha⁻¹) y humus (en dosis de 4 ltha⁻¹), el tercer nivel de este factor fue el testigo (parcelas sin aplicación de bio-estimulantes), para un total de nueve tratamientos (Cuadro 4).

Los bio-estimulantes de suelo fueron aplicados al momento de la siembra junto con la aplicación de los herbicidas.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico consistió de un análisis de varianza combinado a través de localidades y años después de una prueba de homogeneidad de varianzas. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{tce} = \mu + A + \text{Loc}(A) + \text{Rep}(\text{Loc} \times A) + M + S + M \times S + A \times M + A \times S + \text{Loc} \times M + \text{Loc} \times S + A \times \text{Loc} \times M + A \times \text{Loc} \times S + \text{Loc} \times M \times S(A) + E_{ijk}$$

Donde:

A = Año

Loc = Localidad

Rep = Repetición

M = Tipo de mejorador

S= Tipo Suplemento

E_{ijk} = Error residual

Manejo agronómico:

Cada parcela experimental consistió de cinco surcos de 5.2 m de largo a una densidad teórica de 6.25 plantas/m². Esto se obtuvo con una distancia de siembra de 80 cm entre hilera y 20 cm entre golpes, dejando una planta en cada golpe.

Los cultivares utilizados fueron el X-1358K (2004) y 30F-80 (2005 y 2006), los mismos fueron tratados con el insecticida thiodicarb a razón de 7 g i.a.:kg de semilla. El control de malezas se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina más pendimentalina a razón de 1.50 y 1.65 kg i.a.:ha⁻¹, respectivamente, en algunas localidades y la mezcla de estos dos herbicidas con glifosato a razón de 1.84 kg i.a.:ha⁻¹ en otras.

Todos los ensayos recibieron una fertilización base de 227 kg·ha⁻¹ del abono completo 13-26-6-7 al momento

de la siembra. En el Cuadro 5 se observa las cantidades de los distintos nutrimentos aplicados en los diferentes

tratamientos debido a la variación entre los factores del tipo de suplementación.

CUADRO 4. ESTRUCTURA DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN CINCO LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMÁ.

Trat	Denominación	Bio-estimulante del suelo	Tipo de Suplementación			
			1ª Aplicación 21 dds (kg·ha ⁻¹)		2ª Aplicación 37 dds (kg·ha ⁻¹)	
1	SUU	Sin aplicación	Urea	(159)	Urea	(205)
2	SCU	Sin aplicación	Ab. Nitrogenado	(159)	Urea	(205)
3	SCC	Sin aplicación	Ab. Nitrogenado	(159)	Ab. Nitrogenado	(159)
4	AUU	Extracto de Algas	Urea	(159)	Urea	(205)
5	ACU	Extracto de Algas	Ab. Nitrogenado	(159)	Urea	(205)
6	ACC	Extracto de Algas	Ab. Nitrogenado	(159)	Ab. Nitrogenado	(159)
7	VUU	Humus	Urea	(159)	Urea	(205)
8	VCU	Humus	Ab. Nitrogenado	(159)	Urea	(205)
9	VCC	Humus	Ab. Nitrogenado	(159)	Ab. Nitrogenado	(159)

Trat = Tratamiento, dds = Días después de la siembra.

CUADRO 5. CANTIDADES DE N, P, K, S Y Ca APLICADOS EN CADA TRATAMIENTO.

Tratamientos	kg·ha ⁻¹				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca
1, 4 y 7 (Completo-Urea-Urea)	197	59	14	16	0
2, 5 y 8 (Completo- AbNit –AbNit)	115	78	23	29	6
3, 6 y 9 (Completo-AbNit-Urea)	167	69	18	22	3

Análisis de estabilidad:

Para el análisis de estabilidad se utilizó el modelo AMMI-Biplot GGE-SReg. Los modelos Lineal-Bilineal son instrumentos útiles para analizar los ensayos en múltiples ambientes y estudiar e interpretar la interacción del ambiente con los tratamientos (Crossa y Cornelius 1997). Entre estos modelos encontramos el de Efectos Principales e

Interacción Multiplicativa (AMMI) y el modelo del Regresión de sitios (SReg).

El modelo AMMI integra el análisis de varianza y el análisis de componentes principales (PCA) para determinar la interacción de los tratamientos en los distintos ambientes (Zobel et al. 1988, Yan et al. 2000).

Para este análisis se tomaron los nueve tratamientos sin considerar su arreglo factorial.

El modelo matemático para el análisis AMMI es:

$$Y_{te} = \mu + \tau_t + \beta_e + \sum_{n=1}^N \lambda_n Y_{tn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

Donde:

Y_{te} = Rendimiento promedio de un tratamiento t en un ambiente e

μ = Media General

λ_n = Es el valor singular para el PCA

N = Número de PCA retenidos en el modelo

Y_{tn} = Son los valores de vectores de los tratamientos (PCA)

τ_t = Efecto de las desviaciones de las medias de los tratamientos

β_e = Efecto de las desviaciones de las medias del ambiente

δ_{en} = Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)

ρ_{ge} = Residual

Análisis económico:

Se realizó un análisis de presupuesto parcial para determinar la rentabilidad económica (Jáuregui y Saín 1990). Se tomaron datos de peso de campo de la mazorca, número de plantas y mazorcas cosechadas,

porcentaje de humedad del grano, rendimiento de rastrojo, número de plantas acamadas y altura de planta.

En este ensayo se utilizó el clorofilómetro Minolta modelo SPAD-502, para estimar el contenido de clorofila en 12 plantas por parcela y transformarlo en porcentaje de nitrógeno. Este muestreo se realizó en la hoja de la mazorca al momento de la floración a los 65 dds. Se calcularon los componentes del rendimiento estándares (Bolaños y Barreto 1991). Finalmente, para seleccionar el mejor tratamiento, se realizó un análisis de riesgo de los resultados propuesto por Vega (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación:

Durante el año 2004, la lluvia registrada siete días antes de la primera aplicación suplementaria, tanto en El Ejido como en La Enea, fue menor de 5 mm. Se considera que la lluvia antes de la aplicación del suplemento, afecta de manera directa la absorción de nutrimentos y, por lo tanto, la eficiencia de uso del nutrimento (Cuadro 6).

En Guararé se obtuvo un mejor registro de lluvias en este período (14.8 mm), mientras que en las

localidades de Candelaria y Pocrí la humedad no fue limitante en esta fase (registros > 50 mm).

Para el año 2005, la precipitación acumulada más baja se dio en El Ejido con un registro de 16, el resto de las localidades no presentaron bajas precipitaciones en esta etapa del cultivo.

Durante el 2006, las localidades del norte (El Ejido, Guararé y La Enea) presentaron registros bajos antes de la primera aplicación de la fertilización suplementaria lo que afectó de manera significativa esta práctica; las localidades del sur no tuvieron problemas por humedad al momento de esta aplicación.

CUADRO 6. PRECIPITACIÓN PLUVIAL ACUMULADA ANTES DE LA APLICACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SUPLEMENTARIA.

Localidades	El Ejido	La Enea	Guararé	Pocrí	Candelaria	El Ejido	La Enea	Guararé	Pocrí	Sabana Grande	El Ejido	Guararé	La Enea	San José	Pocrí
	2004					2005					2006				
% arcilla	18	20	46	36	24	34	12	42	26	14	40	30	34	34	26
Fecha Apl.	28-Sep	29-Sep	29-Sep	12-Oct	05-Oct	21-Sep	23-Sep	30-Sep	3-Oct	11-Oct	19-Sep	26-Sep	29-Sep	29-Sep	4-Oct
Ppt acum 1 FS ^a	0.0	5.0	14.8	154.9	50.7	16.0	25.0	97.8	75.0	46.0	13.0	0.0	9.0	22.3	69.4
Fecha Apl	20-Oct	19-Oct	18-Oct	28-Oct	20-Oct	7-Oct	10-Oct	17-Oct	19-Oct	26-Oct	5-Oct	11-Oct	11-Oct	12-Oct	18-Oct
Ppt acum 2 FS ^a	66.0	33	20.4	89.9	9.1	58.0	44.0	18.5	131.7	33.0	27.0	14.1	15.0	50.7	70.9

^a Se considera la precipitación de los siete días antes de la aplicación de la fertilización suplementaria (incluyendo la fecha de aplicación)
FS = Fertilización suplementaria

En contraste a la primera aplicación suplementaria en donde hubo localidades con baja precipitación antes de esta aplicación, en la semana anterior a la segunda fertilización en los tres años que duró el estudio, se presentaron registros superiores a 18.5 mm con excepción de Candelaria (2004), La Enea (2006) y Guararé (2006) cuyo registros fueron de 9.1, 15.0 y 14.1 mm, respectivamente, lo que representa una

mayor eficiencia en el uso de la fertilización suplementaria en esta aplicación.

Análisis de varianza:

El análisis de varianza combinado del rendimiento y algunas características agronómicas se presenta en el Cuadro 7. Se encontró diferencias estadísticas entre años para las diversas variables estudiadas exceptuando el rendimiento de grano, la lectura del clorofilómetro e

de grano, la lectura del clorofilómetro e ingreso neto. Dicho análisis mostró diferencias altamente significativas entre ambientes anidados en los años para todas las variables estudiadas. El análisis, también indicó que se presentaron diferencias altamente significativas para el efecto de tipo de suplementación para el rendimiento de grano, así como las lecturas del clorofilómetro y peso de mazorcas, el resto de las variables no mostró diferencias estadísticas para este factor.

Por otro lado, tanto el efecto de los bio-estimulantes del suelo (Mejoradores) como la interacción tipo de suplemento por mejorador y la interacción año por mejorador, no mostraron diferencias significativas para ninguna de las variables medidas. El análisis indicó diferencias altamente significativas para el rendimiento de grano en las interacciones año por tipo de suplementación, ambientes por tipo de suplemento y año por ambiente por tipo de suplemento.

CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS Y GRADOS DE LIBERTAD DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO DEL RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.

F de V	gl	Cuadros medios									
		Rend	Clor 65	Pt/m ²	Mz/m ²	Mz/Pt	Peso mz	Aca	Rast	Ing. Neto	
Año	2	0.88 ^{n.s.}	22.1 ^{n.s.}	1.517**	1.880**	0.006**	559.3**	31425.0**	44.79**	12413 ^{n.s.}	
Amb (Año)	8	26.77**	61.0**	4.886**	6.766**	0.023**	5350.0**	21030.9**	65.46**	571867**	
Rep (Año x Amb)	45	0.83	10.9	0.194	0.160	0.001	263.1	38.7	2.47	29972	
Mejorador	2	0.24 ^{n.s.}	13.2 ^{n.s.}	0.007 ^{n.s.}	0.002 ^{n.s.}	0.000 ^{n.s.}	117.0 ^{n.s.}	53.9 ^{n.s.}	0.08 ^{n.s.}	45325 ^{n.s.}	
Tipo de suplemento	2	2.53**	44.2**	0.096 ^{n.s.}	0.236 ^{n.s.}	0.001 ^{n.s.}	457.1**	152.4 ^{n.s.}	0.23 ^{n.s.}	53903*	
Tipo Sup x Mejorador	4	0.09 ^{n.s.}	16.8 ^{n.s.}	0.071 ^{n.s.}	0.082 ^{n.s.}	0.002 ^{n.s.}	59.1 ^{n.s.}	8.0 ^{n.s.}	0.48 ^{n.s.}	4362 ^{n.s.}	
Año x Mejorador	4	0.07 ^{n.s.}	10.5 ^{n.s.}	0.018 ^{n.s.}	0.032 ^{n.s.}	0.001 ^{n.s.}	21.8 ^{n.s.}	20.9 ^{n.s.}	1.06 ^{n.s.}	3918 ^{n.s.}	
Año x Tipo Sup	4	1.80**	3.2 ^{n.s.}	0.121 ^{n.s.}	0.332*	0.004 ^{n.s.}	379.1**	39.1 ^{n.s.}	2.17 ^{n.s.}	96944**	
Amb x Mejorador	8	0.70 ^{n.s.}	20.5*	0.031 ^{n.s.}	0.045 ^{n.s.}	0.001 ^{n.s.}	145.4 ^{n.s.}	30.3 ^{n.s.}	2.15*	44549*	
Amb x Tipo Sup	8	1.80**	7.1 ^{n.s.}	0.096 ^{n.s.}	0.063 ^{n.s.}	0.001 ^{n.s.}	345.9**	62.8 ^{n.s.}	1.14 ^{n.s.}	113865**	
Año x Amb x Mejorador	16	0.82**	14.4 ^{n.s.}	0.045 ^{n.s.}	0.117 ^{n.s.}	0.002 ^{n.s.}	161.5*	59.7 ^{n.s.}	1.61*	36549 ^{n.s.}	
Año x Amb x Tipo Sup	16	1.05**	16.2*	0.203**	0.249**	0.002 ^{n.s.}	115.6 ^{n.s.}	85.9 ^{n.s.}	1.44 ^{n.s.}	77969**	
Loc x Mej x Tipo Sup (Año)	56	0.28 ^{n.s.}	9.4 ^{n.s.}	0.065 ^{n.s.}	0.079 ^{n.s.}	0.002 ^{n.s.}	87.6 ^{n.s.}	46.1 ^{n.s.}	1.09 ^{n.s.}	15831 ^{n.s.}	
Error	358	0.40	9.8	0.090	0.122	0.002	90.1	66.2	0.99	21777	
CV (%)		9.5	5.8	5.0	6.0	4.5	8.5	77.4	16.4	11.0	

** , * = diferencias estadísticas con probabilidad menor al 1, 5 %; ^{n.s.} = no hay diferencias significativas;

Pt = planta; Clor = Lectura clorofilómetro; Mz = Mazorca; Rend = Rendimiento; Aca, = % Acame; Rast = rastrojo; Ind = Índice de cosecha

CUADRO 8. RENDIMIENTO DE GRANO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS OBTENIDAS EN LAS CINCO LOCALIDADES.

Tratamientos	Clor		Mz/m ²	Mz/Pt	Peso Mz	Rend (t · ha ⁻¹)		Aca
	65 dds	Pt/m ²			(g)	Grano	Rast	(%)
1. Solo Urea-Urea	54.4	6.05	5.83	0.96	112.3	6.71	6.07	11.3
2. Solo AbNit-AbNit	53.9	5.96	5.77	0.97	111.1	6.57	6.04	10.2
3. Solo AbNit-Urea	53.9	6.00	5.80	0.97	112.8	6.67	6.05	10.7
4. Alga Urea-Urea	54.4	6.00	5.86	0.98	113.1	6.72	6.05	11.7
5. Alga AbNit-AbNit	52.4	6.01	5.77	0.96	109.1	6.42	6.23	9.8
6. Alga AbNit-Urea	53.9	6.03	5.83	0.97	111.6	6.63	5.89	10.2
7. Humus Urea-Urea	53.9	6.00	5.81	0.97	113.7	6.77	6.04	12.5
8. Humus AbNit-AbNit	53.6	6.00	5.80	0.97	110.4	6.52	6.07	10.3
9. Humus AbNit-U	54.4	5.96	5.78	0.97	114.8	6.74	6.12	11.7
DMS	4.3	0.42	0.49	0.06	13.2	0.88	1.39	11.3
Bio-estimulante del suelo								
Solo	54.1	6.00	5.80	0.97	112.1	6.65	6.05	10.7
Alga	53.6	6.02	5.82	0.97	111.3	6.59	6.06	10.6
Humus	53.9	5.99	5.80	0.97	113.0	6.68	6.07	11.5
Tipo suplementación								
Urea-Urea	54.2	6.02	5.83	0.97	113.0	6.73	6.05	11.8
AbNit-AbNit	53.3	5.99	5.78	0.96	110.2	6.50	6.11	10.1
AbNit-Urea	54.1	5.99	5.80	0.97	113.1	6.68	6.02	10.9
DMS	2.5	0.24	0.28	0.03	7.6	0.51	0.80	6.5

Clor = Lectura clorofilómetro, Pt = Planta, Mz = Mazorca, Rend = Rendimiento, Aca = Acame, Rast = Rastrojo, Ind = Índice.

De manera resumida, se observó que las fuentes que incluyeron el tipo de suplementación para el rendimiento de grano presentaron diferencias altamente significativas. Se pueden observar, en el Cuadro 8, el promedio del rendimiento de grano, así como las otras variables medidas durante el desarrollo de los ensayos, para cada tratamiento y factor en estudio.

Efecto del tipo de suplementación en el rendimiento de grano:

De acuerdo al análisis de separación de medias realizado, se

encontró que la doble aplicación del abono nitrogenado (6.50 t·ha⁻¹) fue superada estadísticamente por la doble aplicación de urea y la combinación urea-AbNit en el promedio de los tres años (6.73 y 6.68 t·ha⁻¹, respectivamente). Esta respuesta varió en los tres años, presentando la interacción año por tipo de suplementación diferencia altamente significativa.

En el 2004, no se presentaron diferencias entre las tres formas de suplementar el cultivo, obteniéndose medias de 6.76, 6.63 y 6.71 t·ha⁻¹,

respectivamente. Esta respuesta, se puede explicar debido a lo errático de las lluvias y los problemas de falta de humedad (en algunas localidades) al momento de la primera aplicación suplementaria del nitrógeno, lo que pudo haber favorecido a los tratamientos que utilizaron el AbNit y afectando los tratamientos con urea.

El segundo año de evaluación, en contraste con el primer año, los tratamientos urea-urea (6.92 t ha^{-1}) y AbNit-urea (6.74 t ha^{-1}) superaron estadísticamente al tratamiento con doble aplicación de AbNit (6.30 t ha^{-1}); a diferencia del año 2004, en el año 2005 no hubo déficit hídrico en la época de aplicación de los abonos suplementarios;

por lo que la humedad en esta etapa favoreció la buena asimilación de la urea por parte del cultivo.

El año 2006 tuvo similar comportamiento al primer año de estudio, en donde no se observaron diferencias entre las tres fuentes. Las medias observadas para los tres tratamientos fueron de 6.52 , 6.58 y 6.58 t ha^{-1} , respectivamente. Cabe señalar que en estos dos años la precipitación pluvial fue errática y hubo bajos registros al momento de la aplicación de la primera fertilización suplementaria. De los tres tratamientos, el más estable fue la combinación AbNit-urea con rendimientos muy similares durante los tres años (6.71 , 6.74 y 6.58 t ha^{-1} , respectivamente) (Figura 1).

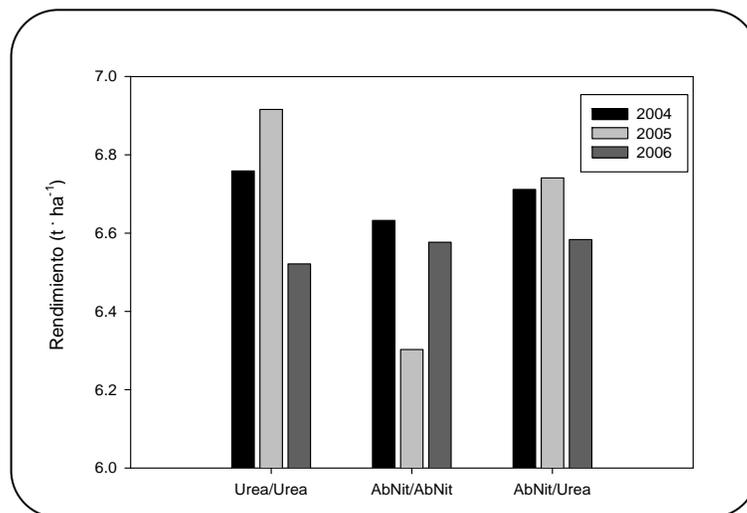


Figura 1. Rendimiento promedio de grano según tipo de suplementación.

En relación al efecto de los tipos de suplementación en las distintas localidades, se observó que la respuesta varió de acuerdo a las localidades. En las localidades de Guararé y Candelaria - Sabana Grande - San José (04-06) la combinación urea-AbNit superó ligeramente a la doble aplicación de urea y en mayor proporción a la doble aplicación de AbNit. Por el contrario, en El Ejido y La Enea, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tres tipos de suplementación, pero los tratamientos con dos aplicaciones de AbNit tuvieron rendimientos ligeramente superior a los tratamientos con doble o una sola

aplicación de urea, estas localidades tuvieron en común que son las que menos precipitación acumularon en los días previos a la primera aplicación suplementaria del nitrógeno (0, 16 y 13 mm en El Ejido y 5, 25 y 9 mm en La Enea).

En contraste con las otras localidades, en Pocrí las parcelas tratadas con la doble aplicación de urea superaron significativamente a la aplicación doble de AbNit, así como a la combinación AbNit-urea, esta localidad presentó en ambos años el mayor registro de lluvia acumulada antes de la aplicación del nitrógeno (Figura 2).

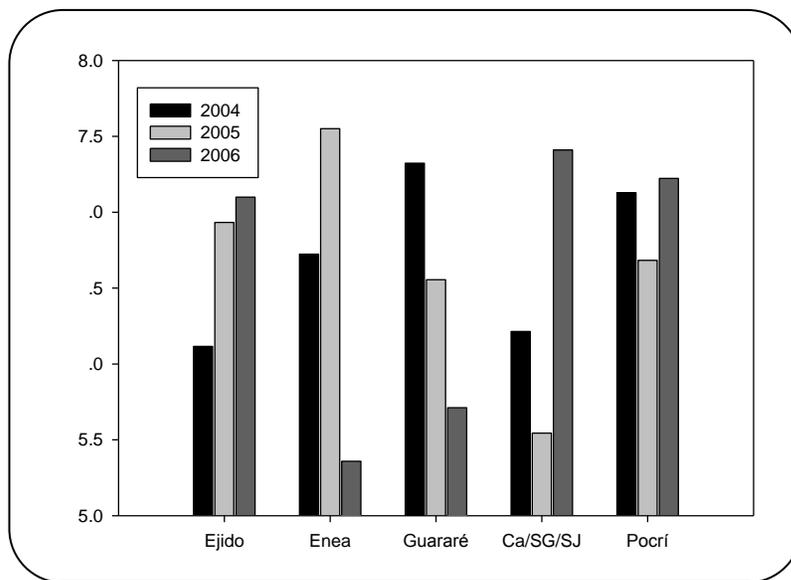


Figura 2. Rendimiento de grano según tipo de suplementación en las cinco localidades.

La respuesta de la aplicación de los diferentes tipos de suplementos en los distintos ambientes a través de los años se puede observar en la Figura 3. En Guararé (2004 y 2005), Candelaria (2004), Sabana Grande (2005), San José (2006) y El Ejido (2005) los tratamientos a base de urea y la combinación de AbNit-urea superaron al

tratamiento con la doble aplicación de AbNit. En Pocrí se observó la misma respuesta, pero con un rendimiento superior para el tratamiento con la doble aplicación de urea en el año 2005. En estas localidades el rendimiento obtenido en el 2004 fue superior al obtenido en el año 2005.

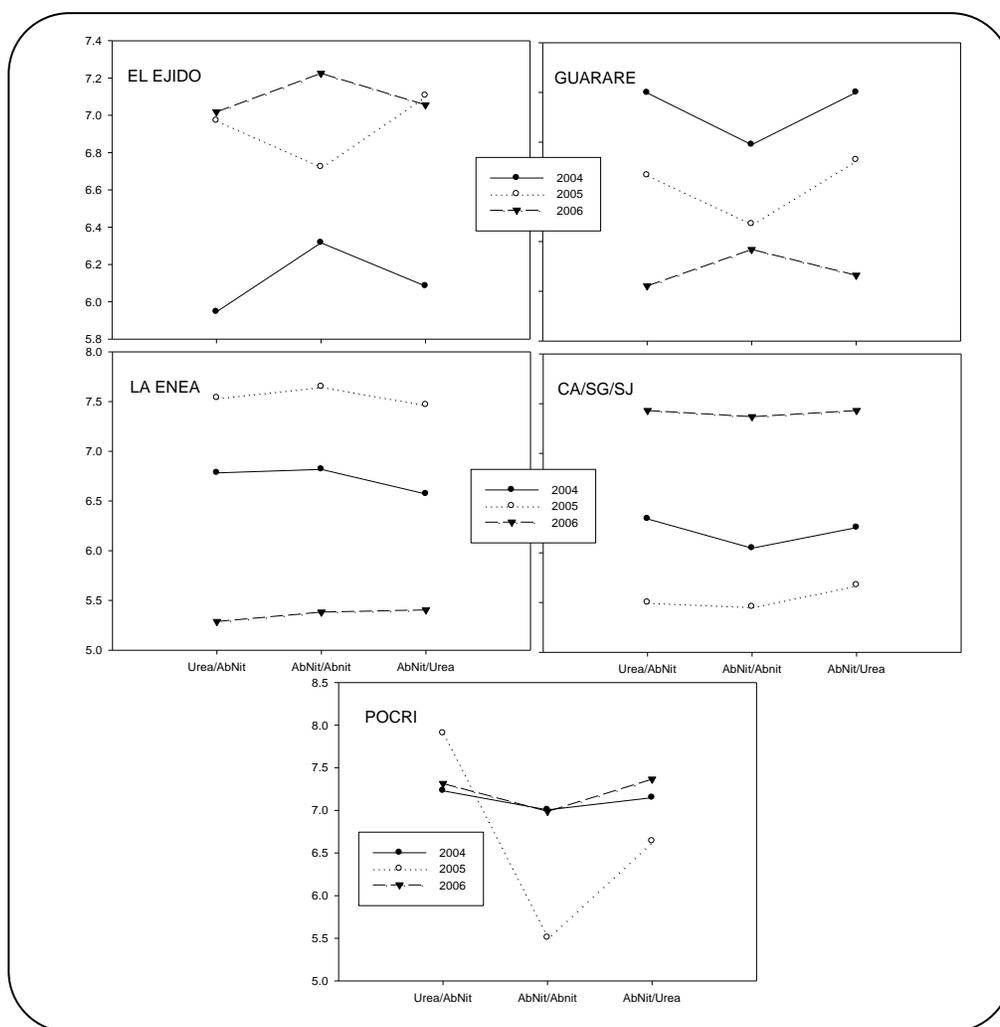


Figura 3. Rendimiento de grano según tipo de suplementación en las cinco localidades evaluadas durante tres años.

En contraste, en La Enea (2004, 2005 y 2006), El Ejido (2004 y 2006) y en Guararé (2006) la respuesta obtenida mostró que el mejor tratamiento fueron aquellas parcelas con doble aplicación de AbNit, seguido de la doble aplicación de urea. Cabe señalar que el rendimiento en El Ejido y La Enea en el 2005 superó al obtenido durante el año 2004.

Este resultado indica que, aun siendo el nitrógeno uno de los nutrimentos con mayor respuesta en la región maicera de Azuero, la reducción de este nutrimento en los tratamientos evaluados con la aplicación parcial o total de AbNit no afectó el rendimiento total (Cuadro 5).

Interpretación del análisis

AMMI Biplot GGE-SReg:

El análisis de varianza para la variable rendimiento de grano, que se muestra en el Cuadro 9, así como el valor de los dos ejes principales de la interacción tratamientos-ambiente, obtenidos a través del modelo AMMI Biplot GGE-SReg. El resultado indicó que los dos primeros ejes (PCA) explicaron el 81.2% de la interacción genotipo ambiente con tan solo el 41.6% de los grados de libertad. El PCA-1 explicó el 66.4%, mientras que el PCA-2 fue responsable del 14.8% con el 17.9 y 16.2% de los grados de libertad, respectivamente.

CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO IV Y COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO.

F de V	gl	SC	CM	F	Pr > F	%
Loc	14	242.02	17.29	20.85	**	
Rep (Loc)	45	37.32	0.83			
Trat	8	5.79	0.72	1.82	*	
Loc x Trat	112	70.62	0.63	1.59	**	
PCA 1	21	52.51	3.17	6.30	**	66.4
PCA 2	19	11.68	0.60	1.55	**	14.8
Residual	77	14.84	0.20			18.8

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

Las puntuaciones o valores AMMI, que se presentan en la Figura 4, tanto de los nueve tratamientos como de los quince ambientes, muestran diferentes patrones de interacción. De acuerdo a las puntuaciones de ambos ejes (PCA-1 y

PCA-2) se formaron tres Grupos Ambientales; el primer grupo (Grupo A) estuvo conformado por las localidades de El Ejido 04 (EJ4), La Enea 04 (EN4) y La Enea 05 (EN5) San José 06 (SJ6) y Guararé 06 (GU6); el segundo grupo

(Grupo B) lo formaron ocho localidades, entre estas tenemos los dos años de Guararé (GU4 y GU5), El Ejido 05 (EJ5), Sabana Grande 05 (SG5), Pocrí 04 y 06

(PO4 y PO6), La Enea 06 (EN6) y La Candelaria 04 (CA4). El último grupo ambiental, estuvo representado por la localidad de Pocrí del año 2005 (PO5).

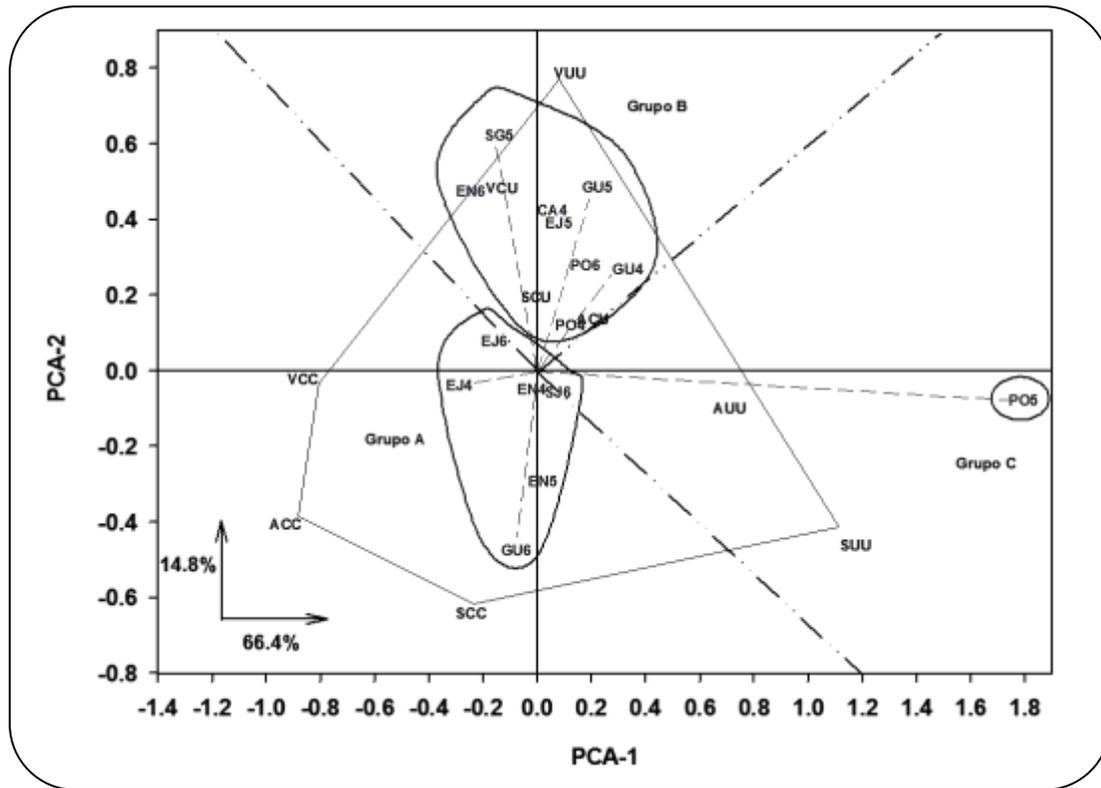


Figura 4. Puntuaciones del primer y segundo eje principal de los nueve tratamientos en 15 ambientes de Azuero, Panamá.

De acuerdo a Yan et al. (2000) y Crossa et al. (2002), los mejores tratamientos en cada grupo ambiental se encuentran en los vértices del polígono formado al unir los tratamientos que se encuentran en la periferia de cada región en la gráfica Biplot GGE. Así tenemos que en el Grupo A, sobresalieron los tratamientos con la doble aplicación de AbNit (ACC y VCC). En cambio, en el

Grupo B sobresalieron los tratamientos con la combinación AbNit-urea (VCU), así como el de doble aplicación de urea (VUU). En la localidad que conformó el Grupo C, sobresalieron los tratamientos con la doble aplicación de Urea (SUU y AUU). Estos resultados coinciden con lo observado en la Figura 3. El tratamiento más estable a través de todas las localidades fue el de humus AbNit-AbNit

(VCC) por estar más cerca al cero del eje del PCA2.

Efecto de los bio-estimuladores del suelo:

La ganancia promedio observada a través de todas las localidades por la aplicación de los bio-estimuladores del suelo fueron mínimas en comparación a las parcelas sin aplicación de estos productos. En relación a las lecturas del clorofilómetro a los 65 días, este instrumento no detectó diferencias entre parcelas tratadas y no tratadas. Esta misma relación se encontró para el peso de mazorca y producción de rastrojo por hectárea (Cuadro 8). Al analizar la respuesta en las distintas localidades, se observó un ligero aumento del rendimiento cuando se aplicó el tratamiento a base de humus en El Ejido, con ganancias de 0.16, 0.27 y 0.25 tha^{-1} para los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente. Otras localidades en donde se observó esta tendencia fue en Sabana Grande (2005) y La Enea (2006), con ganancias de 0.60 y 0.71 tha^{-1} , respectivamente (Figura 5).

En las localidades de La Enea (2004 y 2005), Guararé (2004 y 2006), Pocrí (2004, 2005 y 2006) y San José

(2006), no se observó respuesta por la aplicación de ninguno de los dos bio-estimulantes, siendo el rendimiento de las parcelas sin aplicación, iguales o superiores al encontrado en las parcelas con aplicación de los mismos. La interacción de los factores en estudios no fue significativa estadísticamente, pero se observó una tendencia que indica que el rendimiento de grano en las parcelas en que se realizó la aplicación del bio-estimulante a base de humus fue mayor con la aplicación de la doble aplicación de urea y la combinación AbNit-urea (Figura 6).

Análisis económico:

Para el análisis económico de las distintas alternativas se utilizó la base de datos que se presenta en el Cuadro 10. El resultado del análisis de dominancia entre los distintos tratamientos indicó que todos los tratamientos fueron dominados por el tratamiento de doble aplicación de AbNit sin utilización de bio-estimulantes. Cuando se le realizó el análisis por factor se encontró que la doble aplicación de AbNit dominó a los otros dos niveles de este factor, mientras que la aplicación de los bio-estimulantes fueron dominados por el tratamiento sin aplicación.

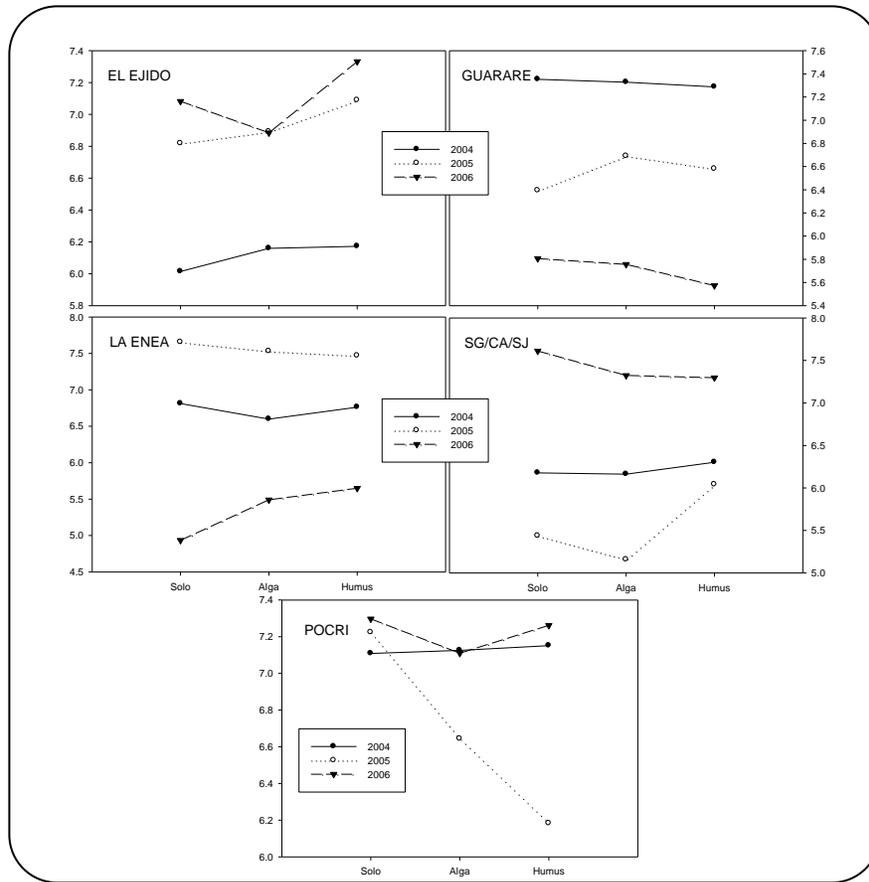


Figura 5. Rendimiento de grano según bio-estimulante aplicado en las cinco localidades evaluadas.

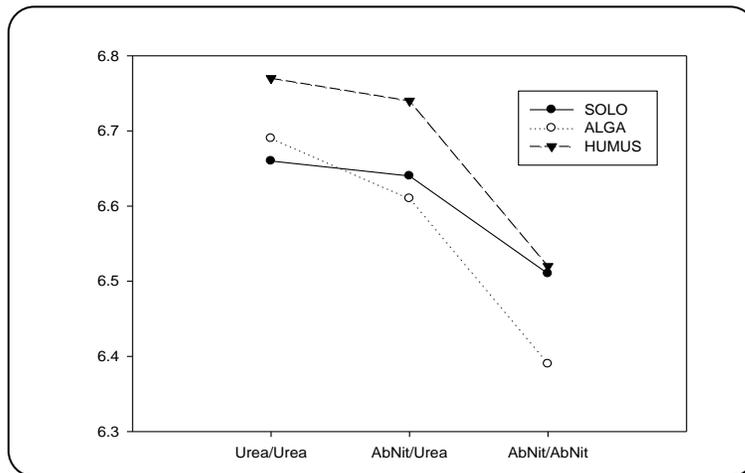


Figura 6. Interacción entre el tipo de suplementación y el uso de bio-estimulantes en el cultivo de maíz.

CUADRO 10. ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DEL ENSAYO DE EVALUACIÓN DE TIPO DE SUPLEMENTOS Y MEJORADORES DEL SUELO.

Bio Est.	Tipo Supl.	Costo Bio Est.	Costo Tipo Supl.	Costos Var.	Rend t ha ⁻¹	Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Desv. Est.	CV %	Límite Min.	Límite Max.
Solo	AbNit-AbNit	0.00	199.50	199.50	6.57	2167.23	1967.73	356.01	12.9	1713.93	2221.53
Alga	AbNit-AbNit	19.00	199.50	218.50	6.42	2119.65	1901.15	d 253.80	13.4	1647.32	2154.97
Humus	AbNit-AbNit	30.40	199.50	229.90	6.52	2151.97	1922.07	d 267.12	12.8	1676.38	2167.77
Solo	AbNit-Urea	0.00	261.75	261.75	6.67	2200.52	1938.77	d 274.41	13.8	1671.66	2205.89
Alga	AbNit-Urea	19.00	261.75	280.75	6.63	2187.44	1906.69	d 253.83	13.4	1652.11	2161.27
Solo	Urea-Urea	0.00	288.00	288.00	6.71	2213.78	1925.78	d 254.58	18.5	1569.77	2281.79
Humus	AbNit-Urea	30.40	261.75	292.15	6.74	2223.98	1931.83	d 235.52	10.9	1720.49	2143.17
Alga	Urea-Urea	19.00	288.00	307.00	6.72	2217.14	1910.14	d 245.69	14.4	1635.73	2184.54
Humus	Urea-Urea	30.40	288.00	318.40	6.77	2233.82	1915.42	d 211.34	12.3	1679.90	2150.94
	AbNit-AbNit	16.47	199.50	215.97	6.50	2146.28	1930.24	251.11	13.0	1679.21	2181.42
	AbNit-Urea	16.47	261.75	278.22	6.68	2203.98	1925.74	d 244.34	12.7	1681.42	2170.11
	Urea-Urea	16.47	288.00	304.47	6.73	2221.58	1917.11	d 288.65	15.1	1628.46	2205.76
Solo		0.00	249.75	249.75	6.65	2193.84	1944.09	292.31	15.0	1651.78	2236.40
Alga		19.00	249.75	268.75	6.59	2174.74	1905.99	d 260.94	13.7	1645.05	2166.93
Humus		30.40	249.75	280.15	6.68	2203.26	1923.11	d 230.85	12.0	1692.26	2153.96

Urea = B/. 0.792 kg⁻¹, AbNit = B/. 0.627 kg⁻¹; Ext Alga = B/. 19.00 lt⁻¹; Humus = B/. 7.60 lt⁻¹;
Maíz = B/. 0.330 kg⁻¹, d = dominado

Además del análisis económico se calculó el riesgo asociado tomando en cuenta la desviación estándar y el coeficiente de variación de acuerdo a la metodología expresada por Vega (2004). Este análisis mostró que el tratamiento con doble aplicación de AbNit y sin bioestimulantes a pesar de dominar al resto de los tratamientos con el mayor ingreso neto y menores costos que varían, posee un coeficiente de variación superior al tratamiento de humus y la aplicación de AbNit-urea, producto de la mayor

variación de los rendimientos obtenidos durante los tres años del estudio. Por lo tanto, se puede indicar que el productor tiene un 84% de confianza para obtener al menos una ganancia de B/. 1720.49 cuando utilice la aplicación de humus y la combinación AbNit-urea.

Cuando se tomaron en cuenta los factores se encontró que los coeficientes de variación más altos se encontraron en los tratamientos con doble aplicación de urea (15.1%), mientras que los más

bajos se encontraron en los tratamientos que incluyeron la aplicación de AbNit-urea. Esto se tradujo en que el límite mínimo de los beneficios netos calculados (restando el valor de una vez la desviación estándar del promedio) de este factor (B/. 1628.46) fue superado por el valor calculado del tratamiento con la combinación AbNit-urea (B/. 1681.42), debido a que éste presentó menor variabilidad en los tres años que duró el experimento (Cuadro 10).

En relación a los bio-estimulantes del suelo los tratamientos con la aplicación de humus tuvieron el mayor retorno mínimo con B/. 1692.26, superando a los otros dos factores en estudio.

CONCLUSIONES

- Durante los tres años del estudio, no se observó un incremento estadísticamente significativo en el rendimiento de grano por la aplicación de los bio-estimulantes del suelo.
- La precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo afecta la recomendación de la sustitución de la urea por otros tipos de suplementos.
- En años de precipitación errática o escasa, los tratamientos con AbNit pueden ser una alternativa para la sustitución del uso de urea, en la primera aplicación, a los 21 días después de siembra.
- El análisis económico indicó que la doble aplicación de AbNit sin bio-estimulante superó desde el punto de vista económico al resto de los tratamientos evaluados.
- La aplicación de la combinación AbNit-urea resultó con menor variabilidad a través de los años, lo que sugiere ser un tratamiento más seguro.

BIBLIOGRAFÍA

- Bolaños, J; Barreto, H. 1991. Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos regionales de maíz de 1990. In Análisis de los Resultados Experimentales del PRM 1990, v. 2, p. 9-27.
- Canales, B. 1999. Enzimas-Algas: Posibilidades de su uso para Estimular la Producción Agrícola y Mejorar los Suelos. Terra 13(9):271-276.

- Crossa, J; Cornelius, PL. 1997. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. *Crop Sci.* 37:405-415.
- Crossa, J; Cornelius, PL; Yan, W. 2002. Biplot of Linear-Bilinear Models for Studying Crossover Genotype x Environment Interaction *Crop Sci.* 42:1761.
- Díaz-Romeu, R; Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos y tejidos vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, CR, CATIE. 68 p.
- Gordón, R; González, A; De Gracia, N; Franco, J. 1997. Eficiencia del uso de nitrógeno aplicado en forma de urea en el cultivo de maíz, Azuero, Panamá, 1993-95. In Síntesis de los resultados experimentales del PRM, 1993-95. CIMMYT-PRM, Guatemala. v. 5, p. 159-163.
- Gordón, R; Franco, J; González, A. 2004. Determinación de la dosis óptima de nitrógeno para el cultivo de maíz con tres modelos de respuesta, Azuero, Panamá, 2000-2002. *Revista Ciencia Agropecuaria* no. 15:1-16.
- Jauregui, MA; Saín, G. 1990. Continuous economic analysis of crop response to fertilizer in on farm research. CIMMYT. México DF. 125 p.
- Metting, B; Zimmerman, WJ; Crouch, I; Van Staden, J. 1990. Agronomic uses of seaweed and microalgae. In Introduction to applied phycology. SPB, The Hague, The Netherlands. p. 267-307.
- Palau-Bioquim. 2005. Algaenzims® (en línea). Consultado 31 mayo 2007. Disponible en <http://filsa.com.mx/plm/prods/749.htm>
- Paliwal, RL; Granados, G; Lafitte, R; Violic, AD. 2001. El Maíz en los trópicos: Mejoramiento y Producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal no. 28.
- Potash and Phosphate Institute. 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. Primera Impresión en español. 85 p.

Senn, TL. 1987. Seaweed and plant growth. Traducido al Español por Benito Canales López. Crecimiento de alga y planta. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA. 192 p.

Vega, F. 2004. Consideraciones sobre el riesgo asociado a recomendaciones de resultados de investigación. Revista Ciencia Agropecuaria no. 15:135-143.

Yan, W; Hunt, LA; Sheng, Q; Szlavnic, Z. 2000. Cultivar Evaluation and Mega Environment Investigation based on the GGE Biplot. Crop Sci. 40:597-605.

Zobel RW; Wright, MJ; Gauch JR, HG. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80:388-393.