

Efecto de la fertilización con urea tratada con inhibidor de la nitrificación sobre el rendimiento y la nutrición del maíz (*Zea mays* L.)

María Linares, Marta Barrios* y Pedro Solórzano

Instituto de Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apartado Postal 4579. Maracay 2101. Aragua, Venezuela

RESUMEN

La aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo implica la ocurrencia de reacciones biológicas y fisicoquímicas que conllevan a pérdidas de nitrógeno. El uso de fertilizantes con inhibidores de la nitrificación se ha convertido en una herramienta útil para disminuir pérdidas que pudieran ocurrir a través de diferentes procesos y lograr un mejor manejo de la fertilización a través de fertilizantes más amigables con el ambiente. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización con urea convencional tratada con el inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP®) sobre el rendimiento y la nutrición nitrogenada del maíz. A tal efecto se realizó un ensayo de campo en la localidad de Los Guayos, estado Carabobo, Venezuela. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones y se evaluaron siete tratamientos: testigo absoluto ON, urea convencional (UC) a 75 kg N/ha, UC (150 kg N/ha), UC+3,4-DMPP (75 kg N/ha), UC+3,4-DMPP (150 kg N/ha), Entec 26® (75 kg N/ha) y Entec 26 (150 kg N/ha). Al momento de la emergencia de los estigmas se determinó el nitrógeno total en la hoja de la mazorca obteniéndose valores dentro de los rangos de suficiencia de nitrógeno para maíz descritos en la literatura (2,5-3,04%); 120 días después de la siembra se cosechó y se determinó el rendimiento en grano. Los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento con UC+3,4-DMPP a la dosis alta, para la variable número de granos por hilera. No hubo diferencias significativas entre tratamientos al 95% de probabilidad.

Palabras clave: Molécula 3,4-DMPP, Entec 26, procesos de pérdida

Effect of fertilization with urea and nitrification inhibitor on productivity and nitrogen nutrition in corn (*Zea mays* L.)

ABSTRACT

Application of nitrogen fertilizers to soil implies the occurrence of many biological and physicochemical reactions conducive to nitrogen losses and to achieve a better fertilization management using more environmentally friendly fertilizers; the use of nitrification inhibitors has become an effective tool to reduce the soil N losses. The objective of this investigation was to evaluate the effect of fertilization with treated urea and nitrification inhibitor (3, 4 -dimethylpyrazole phosphate, DMPP) treated urea on corn yield and total nitrogen in the plant. To accomplish the objective a field trial in Los Guayos location, Carabobo State, Venezuela was conducted. The experimental design was a complete randomized block with three replications; seven fertilization treatments

*Autor de correspondencia: Marta Barrios

E-mail: barriosm@agr.ucv.ve

were evaluated: control (0 N); UC (regular urea) (75 kg/ha), UC (150 kg/ha), urea+3,4-DMPP (75 kg/ha), urea+3,4-DMPP (150 kg/ha), Entec 26 (75 kg/ha), and Entec 26 (150 kg/ha). At corn silk emergency total nitrogen it was determined in cob leaf obtaining differences between some treatments “value s”; 120 days after planting the harvest was carried out by hand, and grain yield was estimated. The best results were obtained with UC+3,4-DMPP treatments for number of grains per row variable. There were not differences at 95% probability.

Key words: molecule 3,4-DMPP, Entec 26, losing processes

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los alimentos más importantes en la dieta del venezolano; es calificado como rubro prioritario y está entre los cultivos que suplen energía y fuente de proteína y de grasa insaturada de origen vegetal. En Venezuela la producción de maíz presenta inconvenientes relacionados con diferentes aspectos del manejo agronómico y la utilización de zonas agroecológicas pobres desde el punto de vista de la fertilidad edáfica; es por esto que se debe establecer un plan de fertilización racional desde el punto de vista económico y ecológico, que permita regresar al suelo los nutrientes extraídos por las plantas y no incrementar los costos de producción (Solórzano y Rengel, 2004; Melendez *et al.*, 2001).

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes esenciales que más limita el rendimiento de maíz; asimismo, una alta eficiencia en la utilización del N se refleja en altos rendimientos (Ferraris, 2009). Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reduce la captación de la radiación necesaria para fotosíntesis (Torres, 2002). La aplicación de fertilizantes y plaguicidas químicos ha sido cuestionada a nivel mundial por sus efectos contaminantes sobre el ambiente (Solórzano, 2001; García *et al.*, 2010) y la contaminación por NO_3^- de aguas superficiales y profundas es uno de los problemas ambientales más criticados (Gardiazabal *et al.* 2007). Actualmente algunos sistemas de producción están enfocados hacia una menor utilización de productos químicos, lo que requiere de tecnologías innovadoras que permitan de manera conjunta, obtener productos de calidad que minimicen los efectos negativos sobre el ambiente y lograr un mejor manejo de la fertilización a través de fertilizantes más amigables ecológicamente (Zerulla *et al.*, 2001). Los fertilizantes nitrogenados con inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato (3,4-DMPP®) pueden contribuir a disminuir la contaminación de las aguas por NO_3^- , incrementar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados y disminuir el contenido de NO_3^- en los frutos (Carrasco, 2002).

Con base a los señalamientos anteriores, se considera importante el estudio del comportamiento

de la urea con inhibidor de la nitrificación como fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz, evaluando los componentes del rendimiento a fin de aportar información útil en la formulación de un fertilizante eficaz, de bajo impacto ambiental y económico. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización con urea convencional (UC) tratada con el inhibidor de la nitrificación DMPP sobre el rendimiento y la nutrición nitrogenada del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la localidad de Los Guayos, estado Carabobo (10°05'58" N y 67°51'40" O) y 425 msnm. Se sembró un híbrido simple de maíz amarillo con buena adaptación a las condiciones ambientales de la zona. Los tratamientos aplicados se describen en el Cuadro 1.

Se realizó un muestreo preliminar de suelos (0-30 cm) para conocer las características químicas y físico-químicas del suelo no cultivado durante dos meses. Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio Edafofinca C.A y los resultados se muestran en el Cuadro 2. El diseño utilizado fue bloques al azar, con tres repeticiones y siete tratamientos incluido el testigo sin fertilizante. La distribución del terreno se realizó de acuerdo al diseño propuesto, estableciendo tres bloques con siete parcelas de 16 m² cada uno, conformadas por cuatro hileras de 5 m de largo, distancia entre hileras de 0,8 m y entre plantas de 0,2 m. La siembra se realizó el 11 de febrero de 2010, colocándose dos semillas por punto, previamente tratadas con Vitavax 200F (Carboxin+Thiram). La banda de fertilización se aplicó a 5 cm al lado y por debajo de la semilla, de acuerdo al tratamiento; 15 días después de la siembra (dds) se llevó a cabo el entresaque, dejando una planta por punto. Se realizó control de malezas con escarda manual; el control de insectos plagas se efectuó a través del monitoreo constante del cultivo para detectar la presencia de coco rinoceronte (*Oryctes nasicornis*) proveniente de siembras de caña de azúcar en los alrededores; la presencia de síntomas de enfermedades fue monitoreada durante todo el ciclo del cultivo y no se aplicó control químico. Con respecto a la fertilización, se hicieron las siguientes aplicaciones: a los 21 dds, cuando las plantas en su mayoría tenían cuatro hojas

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización aplicados.

Tratamientos	Dosis de fertilizante (kg/ha)	Dosis de nitrógeno por fertilizante (kg/ha)
T1: Testigo absoluto	0	0
T2: Urea convencional (UC)	163	75
T3: Urea convencional (UC)	326	150
T4: UC+DMPP	163	75
T5: UC+DMPP	326	150
T6: Entec 26 [®]	288,46	75
T7: Entec 26 [®]	576,92	150

* DMPP: Dimetil Pirazol fosfato

expandidas, se aplicó Phytos-k (fósforo, potasio y molibdeno); 33 dds se hizo una aplicación de Biocombo (mezcla de microelementos) y a 40 dds se fertilizó con Sulpomag (azufre, potasio y magnesio) para compensar el suministro de azufre del Entec 26[®], el cual pudiera enmascarar el efecto de los fertilizantes (Entec 26[®] contiene la molécula DMPP) que inhibe la acción de las bacterias nitrificantes, asegurando la permanencia de la forma amoniacal en el suelo. Finalmente, a 120 dds se realizó la cosecha manual, a 29% de humedad del grano aproximadamente. No se esperó a que la humedad disminuyera hasta 16-20%, debido a que la cosecha sería manual y por la alta incidencia de lluvias en ese momento.

Variabes evaluadas

Se cosecharon las dos hileras centrales de cada tratamiento, dejando dos hileras externas de bordura. Para cada tratamiento se determinó:

Longitud de la mazorca: se realizó la medición de cada una de las mazorcas con una cinta métrica desde la base hasta la punta (Anzalone, A.; L. Meléndez; A. Gamez. 2006). Evaluación de la interferencia de

Rottboellia cochinchinensis sobre el maíz (*Zea mays* L.) a través de un método aditivo. Número de hileras por mazorca: se realizó el conteo de hileras para cada una de las mazorcas por tratamiento.

Número de granos por hilera: se tomó una muestra de 15 mazorcas al azar por tratamiento y se realizó el conteo de los granos por hilera, colocando el valor promedio por mazorca para su análisis posterior.

Peso de 100 granos: luego de pasar tres veces la cantidad total de granos por la homogeneizadora, se obtuvo una muestra de la cual se tomaron 10 submuestras, cada una de 100 granos, y se pesaron en un peso electrónico de alta precisión (Marca Balmi Modelo JF/JTA).

Posterior al conteo del número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y medición de la longitud de las mazorcas, se realizó el desgrane con una trilladora manual y se pesó la muestra total de granos. Al mismo tiempo se pesaron las muestras para la variable peso de 1000 granos, se determinó la humedad en forma gravimétrica y su peso se ajustó a 12% de humedad.

Al alcanzar el maíz el 85% de la floración femenina (aparición de los estigmas) (64 dds) se muestreó la hoja de la mazorca de veinte plantas, por tratamiento, las cuales se llevaron al laboratorio de Edafofinca C.A. ubicado en Cagua, estado Aragua, Venezuela para realizar el análisis foliar de nitrógeno por el método de Kjeldhal (AOAC, 2005).

Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Statistix 8.0 (2003); se realizó análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental utilizado y se efectuó la prueba de medias de la mínima diferencia significativa al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento en grano

En la Figura 1 se aprecian los valores promedios obtenidos para cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 2. Análisis del suelo del experimento (Los Guayos, estado Carabobo).

Análisis de rutina	
Clase textural	FA
pH	7,56
CEs, mS/cm	2,75
Carbono orgánico, %	2,85
Nitrógeno total, %	0,287
Relación C/N	9,9
Fosforo, ppm	35
Potasio, ppm	470
Carbonatos, %	53
Bases intercambiables	
Calcio, me/ 100g	23,50
Magnesio, me/100g	9,65
Microelementos	
Hierro	0,1
Cobre	0,1
Zinc	0,1
Manganeso	0,1

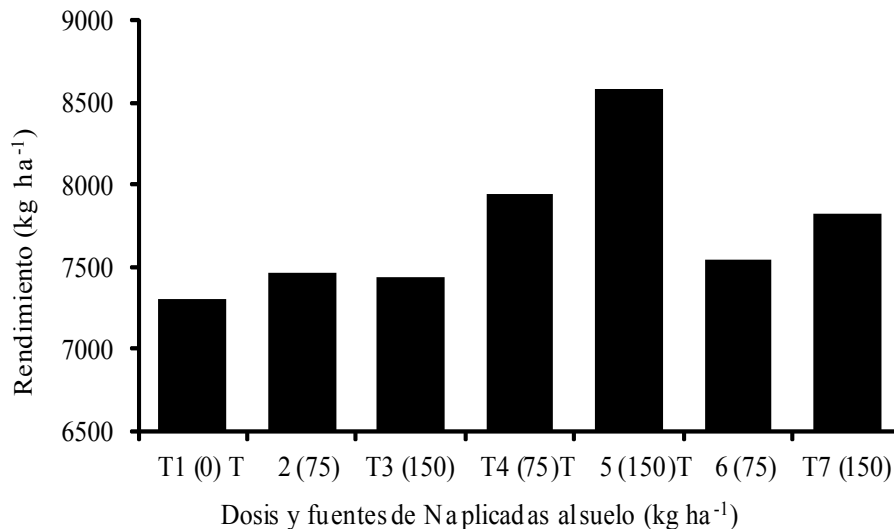


Figura 1. Rendimiento en grano de maíz. UC (urea convencional); DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato). ($P < 0,05$)

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, en los tratamientos con UC+3,4-DMPP se obtuvieron diferencias de hasta 1.200 kg, aproximadamente, con respecto al resto de los tratamientos.

Los altos rendimientos del testigo absoluto están relacionados con los elevados contenidos de materia orgánica del suelo, su textura media y la baja relación C/N. Resultados similares fueron obtenidos por Ferez (2009) al evaluar urea convencional y urea recubierta con ácidos húmicos en maíz (incluido el testigo absoluto). Esta aparente disponibilidad de nitrógeno en el suelo aunado al déficit imprevisto de agua de riego, permite inferir que no hubo condiciones predisponentes para grandes pérdidas de nitratos durante los primeros estadios del ciclo del cultivo, causando la baja respuesta del inhibidor. Muñoz-Guerra *et al.* (2006) al evaluar urea con y sin DMPP a dos dosis (130 y 170 kg N/ha) en maíz obtuvieron una reducción de las pérdidas por lixiviación (20 a 40%), aún cuando al aumentar la dosis de nitrógeno e incluir la molécula inhibidora DMPP, las diferencias en rendimiento no fueron estadísticamente significativas. Ferraris (2009) evaluó la respuesta del maíz a la fertilización con dosis crecientes de N y el efecto del inhibidor DMPP sobre la producción de nitratos y el rendimiento del cultivo, utilizando como fuente de nitrógeno SolMix (fertilizante mezcla líquida) con y sin DMPP al 0,9% y a tres dosis (100, 150 y 200 kg N/ha), encontrando que la utilización de DMPP disminuyó la nitrificación en V_6 , aunque este retardo no se reflejó en los rendimientos, los cuales fueron similares en los tratamientos con y sin inhibidor. Según el autor no se presentaron las condiciones climáticas necesarias durante

el ensayo para evaluar la respuesta del inhibidor, tal como pudo haber ocurrido en este ensayo, principalmente debido al estrés por sequía ocurrido durante la fase vegetativa del cultivo.

Componentes del rendimiento

El rendimiento del cultivo de maíz depende principalmente del número de granos por unidad de superficie; sin embargo, se han reportado relaciones significativas entre el peso de los granos y el rendimiento para algunos híbridos (Otegui *et al.*, 1995). Al respecto, Uhart y Andrade (1995) indican que las deficiencias de nitrógeno reducen el rendimiento en grano, afectando tanto el número como el peso de los mismos. En la Figura 2 se presentan los valores promedio para la variable longitud de mazorca en los tratamientos evaluados, entre los cuales no hubo diferencias significativas. Para la variable número de granos por hilera (Figura 3) se observa que, independientemente de la fuente nitrogenada, al aumentar la dosis de N tiende a aumentar también el número de granos. Medina (1993) reporta aumentos en la longitud y número de hileras de las mazorcas así como también un incremento del número y peso de los granos, al aumentar la dosis de nitrógeno aplicada. Los tratamientos con UC+DMPP mostraron mejores resultados ($P < 0,05$) a ambas dosis, lo que podría indicar mayor disponibilidad de N para la planta. Medina (1993) señala aumentos en la longitud y número de hileras de las mazorcas; así como también un incremento del número y peso de los granos al aumentar la dosis de nitrógeno aplicada. En este ensayo, el tratamiento T5 (UC+DMPP) a la dosis alta mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al testigo solo para la variable número de granos (componente importante del rendimiento en maíz).

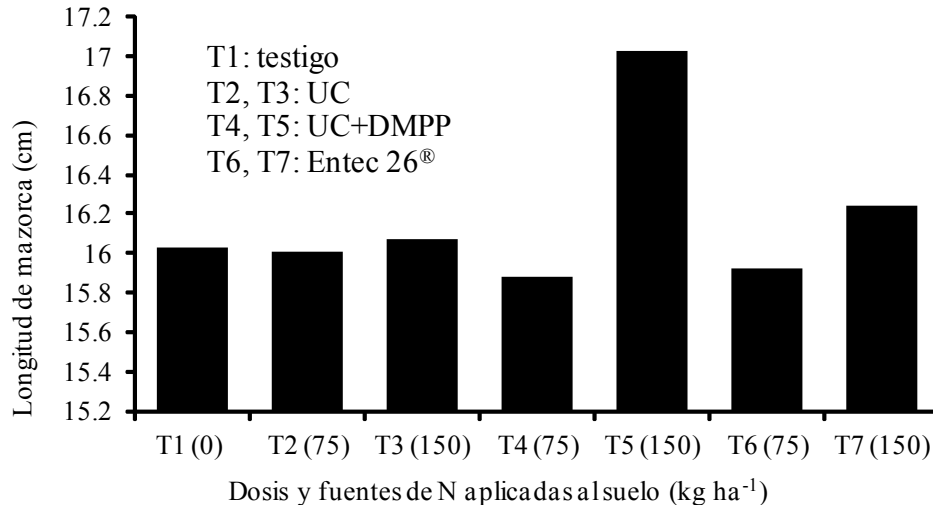


Figura 2. Longitud de mazorca en función de los tratamientos de fertilización. UC (urea convencional); DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato).

El número de hileras por mazorca, el número de granos por hilera y el peso de mil granos son variables que pueden ser modificadas a través de las prácticas agronómicas (Medina, 1993). En la Figura 4 se observan los valores promedio obtenidos en cada tratamiento para la variable número de hileras por mazorca; no hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, aunque Entec 26[®] a la dosis baja tendió a mejores resultados. Ferez (2009) no encontró, igualmente, diferencias significativas para el

número de hileras y número de granos por mazorca, en maíz.

Resultados obtenidos en experimentos de fertilización realizados en zonas tropicales indican que los incrementos en rendimiento por efecto de la fertilización nitrogenada se logran por un aumento tanto en el número como en el peso de granos (Muchow, 1994; Lemcoff y Loomis, 1986). En la Figura 5 se observan los valores promedio obtenidos para la variable peso de 100 granos en cada uno de los

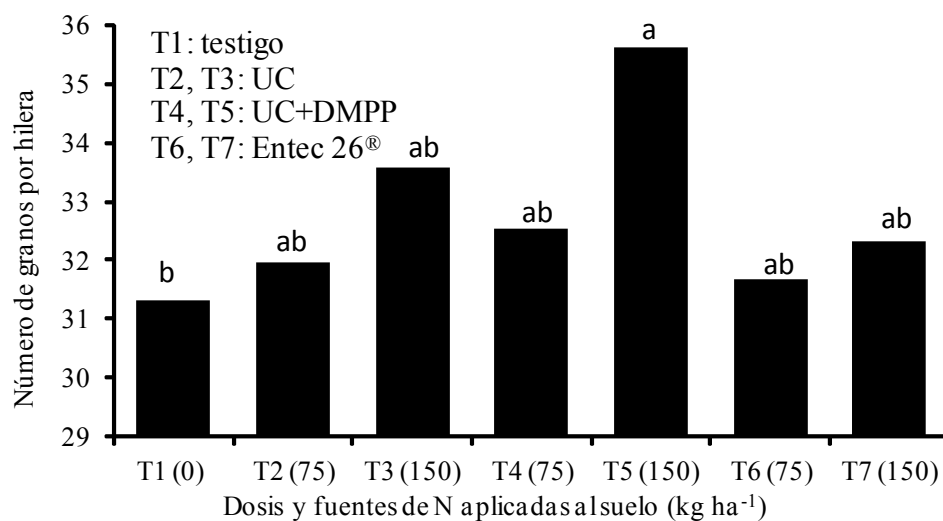


Figura 3. Número de granos por hilera en función de los tratamientos de fertilización. UC (urea convencional); DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato). Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

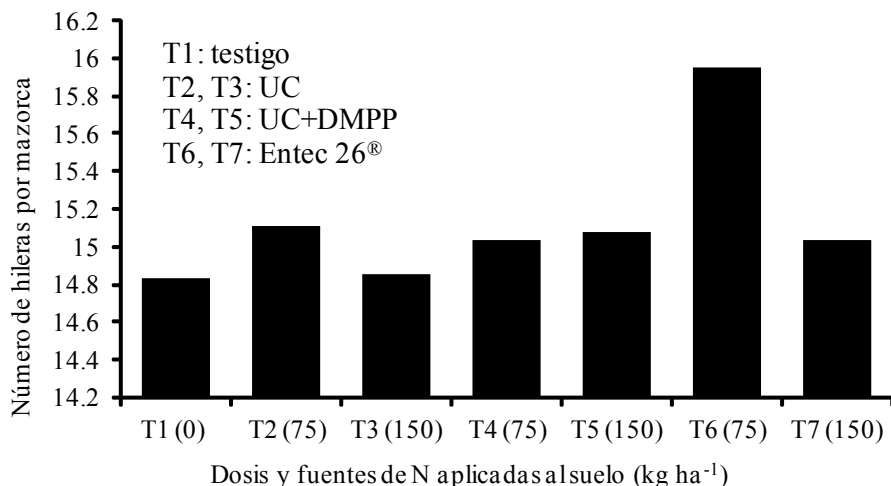


Figura 4. Número de hileras por mazorca en función de los tratamientos de fertilización. UC (urea convencional); DMPP (3,4-dimetilpirazolfosfato)

tratamientos evaluados; nuevamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Cordi *et al.* (1997) encontraron que las deficiencias de N pueden disminuir el peso de los granos, afectando la fuente de asimilados (menor tasa fotosintética y área foliar) durante el llenado y posiblemente, el número de células endospermáticas y gránulos de almidón en postfloración temprana. Es probable que los resultados obtenidos en este ensayo estén relacionados a la buena disponibilidad de N en el suelo para la planta, lo que favoreció una mayor área foliar y una mejor relación fuente-sumidero. Sin embargo Melchiori *et al.* (2005) indican que el número de granos es el componente más importante del rendimiento, mientras que el peso de los granos ha

sido usualmente considerado como un componente poco afectado por las fuentes de variación experimentadas.

En el Cuadro 3 se observan los contenidos de N en la hoja de la mazorca de maíz en este ensayo; estos valores están dentro de los considerados suficientes (Ferraris y Couretot, 2010) y son indicativos de la adecuada nutrición nitrogenada de la planta. Con respecto a los tratamientos no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas. De los resultados obtenidos en los tratamientos con DMPP y Entec 26, se puede inferir que la utilización de la mezcla de UC y el inhibidor de la nitrificación DMPP permite obtener resultados similares a los del fertilizante comercial Entec 26, bajo las condiciones de este estudio.

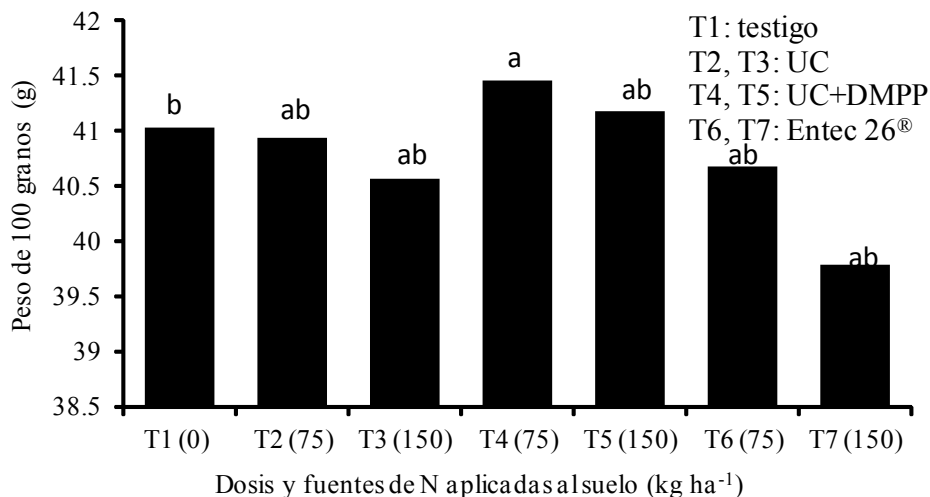


Figura 5. Peso de 100 granos de maíz (g) en función de los tratamientos de fertilización. UC (urea convencional); DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato). Letras diferentes indican diferencias significativas

Cuadro 3. Concentración de N total (%) en la hoja de la mazorca al momento de la emisión de barbas.

Tratamientos	N total (%)
T1 (testigo)	2,53
T2 (UC: 75 kg/ha)	2,97
T3 (UC: 150 kg/ha)	3,01
T4 (UC+DMPP: 75 kg/ha)	2,80
T5 (UC+DMPP: 150 kg/ha)	2,97
T6 (Entec 26: 75 kg/ha)	3,01
T7 (Entec 26: 150 kg/ha)	3,04

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio, la aplicación al suelo de diferentes fuentes nitrogenadas (mezcla UC + inhibidor de la nitrificación DMPP, Entec 26 y UC) no mostraron diferencias entre sí y con el testigo en cuanto a los rendimientos en los grano de maíz obtenidos. Es conveniente continuar estos ensayos a nivel de invernadero y campo, probando en diferentes ambientes la efectividad de fertilizantes con inhibidores de la nitrificación e incorporando otras variables además de las estudiadas en este trabajo, como la tasa máxima de nitrificación, efecto de la humedad y temperatura del suelo sobre ésta y diferentes momentos de aplicación del fertilizante.

AGRADECIMIENTO

A la empresa Agroisleña C.A, Agencia Los Guayos, estado Carabobo, que permitió la siembra del ensayo en su campo experimental y financió este proyecto en su totalidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th Edition. W. Horwitz Ed., Gaithersburg, Maryland USA. 250 p.
- Carrasco, I. 2002. Nuevas tecnologías en fertilización para el respeto del medio ambiente. *Phytoma* 135: 55-60.
- Cordi, M.; S. Uhart; H. Echeverría; H. Sainz. 1997. Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la tasa y duración del llenado de granos en maíz. XI Congreso Nacional de Maíz y III Reunión Suramericana de Maiceros. Estación Experimental Agropecuaria. INTA. Balcarce. Argentina.
- Ferraris, G. 2009. Fertilización nitrogenada de trigo y otros cereales de invierno. Criterios de manejo para incrementar su eficiencia. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pergamino. Argentina. Disponible: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/ferraris/Fertilizacion-nitrogenada-de-trigo-y-otros-cereales-de-invierno.pdf>. [Consultado 21 Marzo 2010].
- Ferraris, G.N.; L. Couretot. 2010. Predicción de la respuesta a nitrógeno en maíz utilizando el medidor de clorofila n-tester. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pergamino. Argentina. Disponible: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/03/eea-pergamino-prediccion-de-la-respuesta-en-maiz-utilizando-el-medidor-de-clorofila-n-tester.pdf>. [Consultado Abril 2011].
- Ferez, K. 2009. Evaluación de la dinámica de absorción del N durante el desarrollo reproductivo del maíz (*Zea mays* L.) en un suelo fertilizado con tres fuentes nitrogenadas. Tesis de pregrado. Fac. Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 46 p.
- García, I.; J.G. Rodríguez; F. López; Y.M. Tenorio. 2010. Transporte de contaminantes en aguas subterráneas mediante redes neuronales artificiales. *Inf. Tec.* 21: 79-86.
- Gardiazabal, F.; F. Mena; C. Magdahl. 2007. Efecto de la fertilización con inhibidores de la nitrificación (Entec® solub 21) en paltos (*Persea americana* Mill) cv. Hass. Proc. VI World Avocado Congress. Palta Hass de Chile y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Viña del Mar, Chile. 14 p.
- Lemcoff, J.; R. Loomis. 1986. Nitrogen influences on yield determination in maize. *Crop Sci.* 26: 1017-1022.
- Medina, E. 1993. Comportamiento del maíz en relación a las dosis de nitrógeno, densidad y época de siembra en el estado Guárico. Tesis de Maestría. Fac. Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 272 p.
- Melchiori, R.; O. Caviglia; A. Kemmerer. 2004. Fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento en maíz en el centro-oeste de Entre Ríos. Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná. Entre Ríos. Argentina.
- Meléndez, L.; J. Lisazo; R. Ramírez. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro* 13(3): 111-116.

- Muñoz-Guerra L.; J. Diez; A. López; M. Pérez; M. Sánchez. 2006. Nutrición nitrogenada de cereales utilizando abonos con el inhibidor de la nitrificación DMPP. *Vida Rural* 241: 22-27.
- Muchow, R. 1994. Effect of nitrogen on yield determination in irrigated maize in tropical and subtropical environments. *Field Crops Res.* 38: 1-13.
- Otegui, M.; M. Nicolini; R. Ruiz; P. Dodds. 1995. Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agron. J.* 87: 29-33.
- Solórzano, P. 2001. Manual para la Fertilización de Cultivos en Venezuela. Agroisleña. Cagua. Venezuela. 215 p.
- Solórzano, P.; M. Rengel. 2004. Crecimiento, Nutrición y Fertilización de Cereales en Venezuela. Agroisleña. Cagua. Venezuela. 152 p.
- Torres, M. 2002. Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pergamino. Argentina. Disponible en internet: [http://www.elsitioagricola.com/articulos/duggan/Fertilizacion Nitrogenada del Cultivo de Maiz-2002.asp](http://www.elsitioagricola.com/articulos/duggan/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz-2002.asp). Consultado 20 enero, 2010.
- Uhart, S.; F. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize. I. Effect on crop growth development, partitioning, and kernel set. *Crop Sci.* 35: 1376-1383.
- Zerulla, W.; T. Barth; J. Dressel; K. Erhardt; K. Horchler; G. Pasda; M. Rädle; A. Wissemeier. 2001. 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). A new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biol. Fert. Soils* 34: 79-84.