

## FERTILIZACIÓN

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Evaluación de formas de aplicación de fertilizante en híbrido de maíz (*Zea mays* L.) Espinal-Colombia

## *Evaluation of fertilizer application forms in hybrid corn (*Zea mays* L.) on Espinal-Colombia zone*

Ing. Miguel André Castellanos-Reyes, Dr.C. Ramiro Valdés-Carmenate, Dr.C. Fernando Guridi-Izquierdo,  
Dr.C. Aldo López-Gómez

Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN.** El cultivo de maíz (*Zea mays* L) es de los más utilizados en la alimentación humana y animal, y en la producción de etanol, de ahí su importancia a nivel mundial. Entre sus costos de producción dirige la mayor parte (31% aproximadamente) al segmento nutricional de fertilizantes edáficos. Es importante incrementar la productividad de este cereal. Por esta razón el proyecto de investigación planteó como objetivo, evaluar en un híbrido de maíz diferentes alternativas tecnológicas de fertilización respecto a su aplicación, determinando a partir de indicadores bioquímico-fisiológicos la productividad biológica y agrícola del cultivo. Los factores en estudio fueron: dos fórmulas de fertilizante y tres formas de ubicar el fertilizante en el suelo. Las variables evaluadas fueron: Índice de clorofila, altura de planta, diámetro del tallo, área foliar, días a floración, altura de mazorca y rendimiento. Se encontró que la aplicación de fertilizante incorporado a la siembra, en cuatro y ocho hojas del cultivo, con formulación 175 kg·ha<sup>-1</sup> N, 70 kg·ha<sup>-1</sup> P y 140 kg·ha<sup>-1</sup> K, fue la mejor alternativa tecnológica, lo cual permitió proyectar un sistema de capacitación incluyendo diferentes actores sociales, analizando los resultados y contribuyendo a ser más efectiva la toma de decisiones en el proceso productivo.

**Palabras clave:** alternativas tecnológicas, fertilizante incorporado.

**ABSTRACT.** The cultivation of corn (*Zea mays* L) is used in human and animal food and ethanol production, hence its importance worldwide. Among their production costs directs most (about 31%) nutritional soil fertilizer segment. It is important to increase the productivity of this cereal. For this reason the proposed research project aims to evaluate in a hybrid corn fertilization different technological alternatives regarding its application, determining from biochemical and physiological indicators of biological and agricultural crop productivity. Factors studied were: two fertilizer formulas and three ways to locate the fertilizer into the soil. The variables evaluated were: chlorophyll index, plant height, stem diameter, leaf area, days to flowering, ear height and performance. It was found that fertilizer application incorporated planting in four and eight leaves of the crop with formulation 175 kg·ha<sup>-1</sup> N, 70 kg·ha<sup>-1</sup> P and 140 kg·ha<sup>-1</sup> K, was the best alternative technology, enabling project a training system including different stakeholders, analyzing the results and contributing to more effective decision-making in the production process.

**Keywords:** Alternative Technological, Incorporate Fertilizer.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de Maíz (*Zea mays* L) es uno de los más utilizados en los proceso de alimentación humana y animal, y en la producción de etanol, de ahí su importancia a nivel mundial (FAO, 1992). En Colombia, el cultivo de maíz es de mucha importancia económica, se siembra bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura, humedad, régimen de lluvias, luminosidad y suelos. El departamento del Tolima-Co-

lombia, siembra aproximadamente 23 450 hectáreas anuales de maíz para producción de grano, con rendimientos promedios de 6 t·ha<sup>-1</sup> en maíces blancos tecnificados, siendo día a día un cultivo en crecimiento en área de siembra<sup>1</sup>. El rendimiento promedio de maíz en Colombia es inferior a lo observado o en otros países en campos experimentales y zonas con mayor uso de tecnología. Por consiguiente, se hace imperativo incrementar los niveles de

<sup>1</sup> FENALCE - Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. Caracterización de los Cereales y Leguminosas, Colombia. 2016.

productividad para poder satisfacer la demanda de este cereal. Una de las alternativas para incrementar el rendimiento de grano, es realizar un equilibrado programa nutricional (Marcillo, 2013). La nutrición vegetal es el proceso mediante el cual la planta absorbe del medio que le rodea las sustancias que le son necesarias para desarrollarse y crecer. Estas sustancias son generalmente de tipo mineral o inorgánico (López-Martínez *et al.*, 2010). Para garantizar la nutrición de los cultivos y asegurar sus rendimientos en cantidad y calidad se suelen emplear fertilizantes minerales. Las exigencias de sostenibilidad económica y de producción de mínimos impactos ambientales que actualmente condicionan la actividad agrícola obligan a que la aplicación de fertilizantes minerales se calcule y aplique con el máximo rigor científico y técnico (Stout, 1990; Bocchi y Malgioglio, 2010). Como sistema productivo el cultivo de maíz para grano, entre el total de sus costos de producción, dirige la mayor parte (31%) al segmento nutricional de los fertilizantes edáficos<sup>1</sup>. El conocimiento de la dinámica de acumulación de los elementos por el cultivo es importante para el manejo de la fertilización, ya que permite determinar dosis y épocas más adecuadas para su aplicación, que garanticen, enmarcado en el desarrollo de una agricultura sustentable, una eficiente utilización y un menor riesgo de contaminación (García y Espinosa, 2008). El nitrógeno (N) es el nutriente absorbido en cantidades más grandes para el maíz y como resultado, es muy sensible a este nutriente, con aumentos en varias características que influyen en la producción final. El N aplicado al suelo estará sujeto a la pérdida por lixiviación, escorrentía, desnitrificación, volatilización de amoníaco y mediante la inmovilización de la biomasa microbiana (Kappes *et al.*, 2013). La dinámica del N en el sistema suelo-planta pueden ser influenciados principalmente por el manejo del suelo, el tipo de fertilizante, las formas de aplicación y las condiciones climáticas. Muchas veces la fertilización nitrogenada se realiza haciendo aplicaciones superficiales y las pérdidas por volatilización de N como amonio a partir de urea, pueden llegar a ser importantes dependiendo de la temperatura y humedad imperante y de la cantidad de rastrojos. Mohammadhossein *et al.* (2012), y Salvaggiotti *et al.* (2012), midieron pérdidas por volatilización cuando la urea fue aplicada superficial, equivalentes a un 40% de pérdida del fertilizante aplicado. Generalmente, el estado nutricional de las plantas es evaluado por análisis químico del tejido vegetal (hoja) y, normalmente, en su interpretación se utilizan concentraciones críticas o rangos de concentración. Sin embargo, estos métodos presentan ciertas limitaciones por el tiempo de ejecución y alto costo lo que no permite corregir rápidamente deficiencias nutricionales (Kappes *et al.*, 2013). Los métodos de diagnóstico alternativos para valorar estado nutricional de las plantas, involucran la evaluación de indicadores biológicos y estado nitrogenado de las plantas, en tiempo real y en el propio campo, empleando para ello el medidor portátil de clorofila o SPAD (Soil Plant Analysis Development), el cual sirve como técnica auxiliar en la toma de decisión sobre la fertilización nitrogenada, debido a que la clorofila, pigmento que da el color verde de las hojas y que se encarga de absorber la luz necesaria

para realizar actividad fotosintética, se ha correlacionado positivamente con el contenido de N en la planta, este pigmento refleja la condición nitrogenada del cultivo (Sánchez *et al.*, 2015). Es importante la adopción de sistemas que permitan ser eficiente en la utilización de buenas prácticas agronómicas y por lo tanto en el presente trabajo experimental se planteó como objetivo, evaluar en un híbrido de maíz diferentes alternativas tecnológicas de fertilización respecto a su absorción, determinando la productividad biológica y agrícola del cultivo.

## MÉTODOS

El experimento se realizó durante los meses de octubre de 2014 a marzo de 2015 en el municipio Espinal, departamento del Tolima en Colombia, situado a 4° 07'19.37" N -74° 49' 40.02" W, con altitud de 297 msnm, temperatura promedio de 28 °C, precipitación media anual de 1745 mm y humedad relativa de 69%. Los suelos son de topografía plana y ligeramente plana, con pendientes de 0-3% y 3-7%, mecanizables, moderadamente profundos, bien drenados, de fertilidad regular y con textura franco arenosa<sup>2</sup>. Previo a la siembra, se tomó muestra de suelo utilizando un barreno a profundidad de 0 a 0,2 m (después de 0,2 m se encontró capa compactada), se sacaron 8 submuestras que representaron las condiciones del terreno y en su conjunto determinaron la muestra que se envió al laboratorio para evaluar algunas propiedades químicas. El área experimental contó con disponibilidad de agua para riego, por tal razón se realizaron tres riegos por gravedad para suplir las necesidades hídricas del cultivo (en la semana cuatro, ocho y diez). En esta área se siembra maíz en rotación con el cultivo de arroz.

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, con un arreglo de tratamientos bifactorial, siendo los factores en estudio dos fórmulas de fertilizante 140 kg·ha<sup>-1</sup> N, 50 kg·ha<sup>-1</sup> P y 100 kg·ha<sup>-1</sup> K (fertilización manejo promedio agricultores de la zona a partir de intercambio con los mismos) y 175 kg·ha<sup>-1</sup> N, 70 kg·ha<sup>-1</sup> P y 140 kg·ha<sup>-1</sup> K (fertilización sugerida por la marca distribuidora de la semilla sembrada) y tres formas de ubicar el fertilizante en el suelo: 1. Incorporado en la siembra y superficial, paralelo a la línea de siembra en V4 (cuatro hojas verdaderas promedio 13 DDE (días después de emergencia) y V8 (ocho hojas verdaderas promedio 26 DDE); 2. Todas las fertilizaciones incorporadas (en la siembra, en V4 y V8); 3. Todas las fertilizaciones en superficie (en la siembra, en V4 y V8).

Cada unidad experimental consistió de 72 m<sup>2</sup>, con ocho surcos de siembra a 0,8m de distancia entre surcos y 10cm de longitud. A cosecha, por parcela se llegó con densidad de plantas cinco por metro lineal, para un total por tratamiento de 400 plantas. Se realizó la siembra del híbrido de maíz (*Zea mays* L) Blanco P4082WHR. Los tratamientos fueron representados de la siguiente forma (Tabla 1).

Las aplicaciones de fertilizante se hicieron mecanizadas con máquina abonadora doble propósito que incorpora o deja expuesto el fertilizante. A la siembra se aplicó el 100% del P, el N y K se dividió en partes iguales (33,33%) para las tres fertilizaciones.

<sup>2</sup> CORTOLIMA - Corporación Autónoma Regional del Tolima. Plan de Acción Trienal. Oficina de Planeación. Consejo Directivo – Colombia. 2014.

**TABLA 1. Tratamientos planteados para evaluar alternativas de fertilización en un híbrido de maíz (*Zea mays* L.)**

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	Fertilización 140 kg·ha <sup>-1</sup> N, 50 kg·ha <sup>-1</sup> P y 100 kg·ha <sup>-1</sup> K con fertilizante incorporado en la siembra (Al lado de la línea de siembra) y las siguientes fertilizaciones en V4 y V8 en superficie (por encima, paralelo a la línea de siembra).
T2	Fertilización 175 kg·ha <sup>-1</sup> N, 70 kg·ha <sup>-1</sup> P y 140 kg·ha <sup>-1</sup> K con fertilizante incorporado en la siembra (Al lado de la línea de siembra) y las siguientes fertilizaciones en V4 y V8 en superficie (por encima, paralelo a la línea de siembra).
T3	Fertilización 140 kg·ha <sup>-1</sup> N, 50 kg·ha <sup>-1</sup> P y 100 kg·ha <sup>-1</sup> K con fertilizante incorporado en todas las fertilizaciones (En la siembra, en V4 y V8).
T4	Fertilización 175 kg·ha <sup>-1</sup> N, 70 kg·ha <sup>-1</sup> P y 140 kg·ha <sup>-1</sup> K con fertilizante incorporado en todas las fertilizaciones (En la siembra, en V4 y V8).
T5	Fertilización 140 kg·ha <sup>-1</sup> N, 50 kg·ha <sup>-1</sup> P y 100 kg·ha <sup>-1</sup> K con fertilizante en superficie en todas las fertilizaciones (En la siembra, en V4 y V8).
T6	Fertilización 175 kg·ha <sup>-1</sup> N, 70 kg·ha <sup>-1</sup> P y 140 kg·ha <sup>-1</sup> K con fertilizante en superficie en todas las fertilizaciones (En la siembra, en V4 y V8).

Las variables evaluadas fueron: Índice de clorofila de hojas utilizando SPAD-502, Konica Minolta Company, Tokyo, Japan: Se midió a los 50 DDE (la emergencia se presentó a los cinco días de la siembra) evaluando la hoja verdadera más joven y realizando las lecturas en los mismos horarios; altura de planta (cm): evaluada a los 50 DDE, desde el nivel del suelo hasta la última hoja emergida; diámetro a la base del tallo (cm): medido a los 50 DDE, a nivel del primer nudo sobre la base del suelo; área foliar (cm<sup>2</sup>): se determinó según (Montgomery, 1911) utilizando la fórmula (Largo de la hoja (cm) x ancho de la hoja (cm) x 0,75), que es un coeficiente de corrección para maíz; días a la floración: evaluada desde el inicio de la siembra hasta cuando el cultivo estaba en un 70% de inflorescencia masculina visible; altura de la mazorca (cm): se midió desde el nivel del suelo hasta la base del pedúnculo de la primera mazorca; Rendimiento: se calculó en kg la producción por parcela, evaluando a los 125 DDE (fecha de recolección) variables de rendimiento como: prolificidad (número de mazorcas por planta), número de hileras por mazorca, número de granos por mazorca, masa promedio granos. Todos los factores estudiados se evaluaron en 20 plantas

al azar, ubicadas en los surcos centrales de cada parcela tratamiento. Los datos se procesaron estadísticamente a través de un análisis de Varianza de Clasificación doble y a las medias se les aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan en caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos y se realizaron análisis de regresión simple utilizando Statgraphics® Plus versión 5.1. (Statistical Graphics Crop, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el análisis de la muestra de suelo se determinó que en general el aporte inicial al cultivo por parte de los nutrientes asimilables del suelo es mínimo. El bajo contenido de Carbono Orgánico (0,52%), Materia Orgánica (0,9%) y de arcillas (19%), refleja la baja capacidad de intercambio catiónico y de contenido de agregados que definen una inadecuada estructura en el suelo, además de una baja fertilidad lo cual hace aún más necesaria la aplicación de fertilizantes para incrementar la productividad agrícola, esto motivado aún más por el uso intensivo del suelo con la rotación arroz, maíz. (Tabla 2).

**TABLA 2.Resultado análisis físico-químico del suelo en el área experimental**

TEXTURA			D. Ap.	C. E.	pH	C.O	S	P	BASES DE CAMBIO				ELEMENTOS MENORES					
%A	% L	% Ar	g·cc <sup>-1</sup>	uS·cm <sup>-1</sup>		%	mg·kg <sup>-1</sup>			Na	K	Ca	Mg	CICE	Cu	Zn	Fe	Mn
							mg·kg <sup>-1</sup>		cmol·kg <sup>-1</sup>				mg·kg <sup>-1</sup>					
66	15	19				0,52	14	1,7	0,3	0,32	4,67	1,37	7	0,61	0,38	53	33	0,28
Franco Arenoso			1,21	229,5	6	1,7			<b>SOLUBLES</b>									
						0,25	0,2	2,12	0,65					0,25				

Leyenda: A: Arena; L: Limo; Ar: Arcilla; D. Ap.: Densidad Aparente; C.E.: Conductividad Eléctrica; C.O.: Carbono Orgánico; S: Azufre; P: Fósforo; Na: Sodio; K: Potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; CICE: Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva; Cu: Cobre; Zn: Zinc; Fe: Hierro; Mn: Manganeseo; B: Boro.

Las evaluaciones realizadas a los 50 DDE están en plena concordancia a un gran periodo de desarrollo de acuerdo a su estado fisiológico, muy importante con respecto a sus requerimientos de humedad y nutricionales. En esta etapa la planta tiene todo su sistema radical completo y define el número de granos finales por hilera en función de la planteado en <sup>3</sup>.

Cuando se aplica la formulación 175 kg·ha<sup>-1</sup> N, 70 kg·ha<sup>-1</sup> P y 140 kg·ha<sup>-1</sup> K, se obtiene a los 50 DDE mayor altura de plantas y diámetro de tallos con resultados que difieren de manera altamente significativa con respecto a la fórmula 140 kg·ha<sup>-1</sup> N, 50 kg·ha<sup>-1</sup> P y 100 kg·ha<sup>-1</sup> K. En lo que respecta al rendimiento de grano, se observó que éste se incrementó conforme aumentaban

los niveles de fertilización química influyendo significativamente en los caracteres evaluados (Tabla 3), demostrándose así la importancia del programa nutricional, para lograr un desarrollo normal de las plantas, que incidan positivamente rendimiento de grano, lo cual está en concordancia con la investigación realizada por Acosta (2010).

Los resultados de área foliar e índice de clorofila no se ven influenciados por las dos fórmulas de fertilizante empleadas, mostrando diferencias no significativas (Tabla 3). Estos resultados difieren con los obtenidos por otros autores quienes sostienen que con la realización de aplicaciones diferentes de fertilizantes minerales en el cultivo de maíz se modifican características agronómicas entre ellas el área foliar.

A los 50 DDE cuando se incorpora el fertilizante al lado de la línea de siembra en todas las fertilizaciones edáficas (en la siembra y en V4 y V8), se obtiene la mayor altura de las

plantas, diámetro de los tallos, área foliar e índice de clorofila, resultados que difieren de manera altamente significativa con respecto a las demás formas de aplicación independiente de la cantidad de fertilizante (Tabla 4).

La técnica de incorporar el fertilizante, constituye una importante estrategia para el aprovechamiento eficiente y racional de los recursos agrícolas, generando menos impactos ambientales y mejorando características del cultivo, lo que concuerda con Bocchi y Malgioglio (2010).

De los indicadores biológicos evaluados siete influyen decisivamente en el rendimiento del cultivo teniendo en cuenta el procedimiento tecnológico empleado. Se detectó una regresión lineal altamente significativa (mayor a 72%) entre el rendimiento y las variables altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar, índice de clorofila, altura de la mazorca, número de granos por mazorca y masa promedio de los granos (Tabla 5).

**Tabla 3. Influencia de las fórmulas de fertilizante en indicadores biológicos del cultivo (50DDE)**

Fórmulas	$\bar{X}$ Altura (cm)	$\bar{X}$ Diámetro tallo (cm)	$\bar{X}$ Área Foliar (cm)	$\bar{X}$ Índice de Clorofila
140 kg·ha <sup>-1</sup> N, 50 kg·ha <sup>-1</sup> P y 100 kg·ha <sup>-1</sup> K	200,06 b	2,41 b	729,20 a	59,31 a
175 kg·ha <sup>-1</sup> N, 70 kg·ha <sup>-1</sup> P y 140 kg·ha <sup>-1</sup> K	202,77 a	2,61 a	722,69 a	60,24 a
S $\bar{X}$	0,61 **	0,019 **	4,08 NS	0,11 NS
CV	3,10%	10,21%	6,99%	21,00%

Letras diferentes difieren a 1% de probabilidad según Duncan.

**TABLA 4. Influencia de la forma de ubicar el fertilizante en el suelo en indicadores biológicos del cultivo (50 DDE)**

Forma de Aplicación	$\bar{X}$ Altura (cm)	$\bar{X}$ Diámetro Tallo (cm)	$\bar{X}$ Área Foliar (cm)	$\bar{X}$ Índice de Clorofila
Incorporado en la siembra y superficial en V4 y V8	200,83 b	2,42 b	754,34 b	62,03 b
Todo incorporado	208,60 a	2,82 a	765,28 a	63,85 a
Todo superficial	194,83 c	2,30 c	658,33 c	53,46 c
S $\bar{X}$	0,74 **	0,023 **	5,00 **	0,13 **
CV	3,10%	10,21%	6,99%	21,00%

Letras diferentes difieren a 1% de probabilidad según Duncan.

**TABLA 5. Regresión Lineal utilizando como variable dependiente el Rendimiento en kg vs variables evaluadas (X)**

Variables Independientes (X) 50 DDE	Rendimiento (Variable dependiente Y)		
	Ecuación	r <sup>2</sup>	Significación
Altura de planta	Y= -201,33 + 1,21*X	0,84	**
Diámetro de tallo	Y= -25,80 + 27,36*X	0,72	**
Área foliar	Y= -61,19 + 0,14*X	0,77	**
Índice de clorofila	Y= -56,02 + 1,66*X	0,88	**
Altura de la mazorca	Y= -105,89 + 1,37*X	0,91	**
Número de granos por mazorca	Y= -31,97 + 0,17*X	0,95	**
Masa promedio por granos	Y= -49,34 + 349233*X	0,92	**

Los resultados de la medición del índice de clorofila son consistentes con el estado nutricional de las plantas de maíz, arrojando a mayores lecturas registradas mayores rendimientos obtenidos. El N está asociado a los cloroplastos responsables del color



verde de la hoja y encargado de absorber la luz necesaria para realizar actividad fotosintética y la concentración de N en la hoja indica el estado nutricional de la planta. Esto se basa en el supuesto de que las hojas son los órganos de la planta que más rápido responden a los cambios en el suministro de nutrientes del suelo y los fertilizantes. Los resultados se encuentran en concordancia con los reportados por Zavaschi *et al.* (2014) (Figura 1).

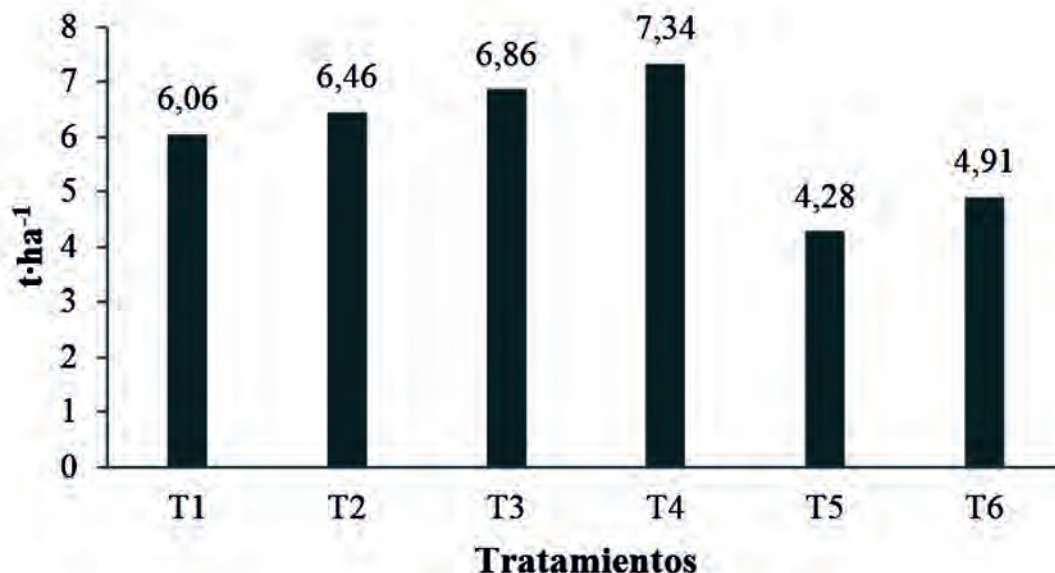


FIGURA 1. Rendimiento por tratamiento en t·ha<sup>-1</sup> evaluado a los 125 DDE.

El Tratamiento cuatro (T4) fertilizante incorporado en todas las fertilizaciones (a la siembra, en V4 y V8) con formulación de fertilizante 175 kg·ha<sup>-1</sup> N, 70 kg·ha<sup>-1</sup> P y 140 kg·ha<sup>-1</sup> K, arrojó diferencias significativas como la mejor alternativa tecnológica permitiendo mayor productividad agrícola y posibilitando proyectar un sistema de capacitación que incluya diferentes actores sociales, contribuyendo a ser más efectiva la toma de decisiones en el proceso productivo (Figura 1).

Aplicar el fertilizante en la superficie del suelo en todas las épocas (a la siembra, V4 y V8), proporciona los resultados más bajos en rendimiento (41,72% menos que el mejor tratamiento T6). En siembras de maíz Salvagiotti *et al.* (2012), midieron pérdidas por volatilización cuando las fuentes de N fueron aplicadas superficialmente, equivalentes a un 40% de pérdida del fertilizante aplicado.

Salvagiotti *et al.* (2012), con base a los resultados obtenidos en un estudio de potencial de rendimiento de grano de maíces, indica que para expresar su potencial de rendimiento, los maíces requieren de un equilibrado programa de fertilización química e ir acompañado de buenas labores agrícolas durante el desarrollo del cultivo. Por consiguiente, los híbridos expresan mayor potencial genético a través del rendimiento de grano. Un adecuado cronograma de aplicación de los fertilizantes es un factor fundamental que influencia positivamente la absorción de estos por el cultivo, mostrando el mayor rendimiento de masa de grano en el tratamiento que involucró aplicaciones incorporadas en bandas. Análisis que concuerda con los resultados obtenidos por Mendoza (2010), en su estudio del efecto del fraccionamiento de fertilizantes en la productividad del maíz.

Con las características de la zona en estudio, las plantas de maíz en V8 obtienen un crecimiento y desarrollo que permite sin

problemas y mecanizadamente, utilizar maquinas abonadoras que no ocasionan daños a las plantas y sí incorporen el fertilizante, lo cual hace que la alternativa de fertilización que mejor productividad reflejó se pueda implementar y traiga beneficios al sector. García y Espinosa (2008), indican que el manejo de nutrientes en maíz en América tropical puede beneficiarse de nuevos métodos para desarrollar recomendaciones de fertilización que permitan ajustes en la aplicación de nutrientes que se acomodan a las necesidades específicas de cada región agroclimática y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados.

## CONCLUSIONES

- Ubicar el fertilizante incorporado a la siembra, en V4 y V8 independientemente de la formulación de fertilizante, es la mejor alternativa tecnológica superando significativamente a las demás evaluadas, permitiendo mayor productividad biológica y agrícola del cultivo.
- Con la formulación 175 kg·ha<sup>-1</sup> N, 70 kg·ha<sup>-1</sup> P y 140 kg·ha<sup>-1</sup> K el rendimiento del grano fue mayor, mostrando que conforme aumentan los niveles de fertilización química se influye positiva y significativamente en las variables evaluadas, demostrándose así la importancia del programa nutricional, para lograr un desarrollo normal de las plantas, que incidan efectivamente rendimiento de grano.
- Como alternativa tecnológica, los resultados obtenidos permiten dar ajustes a la metodología de aplicación de fertilizantes edáficos, aportando una práctica agrícola que beneficia a la comunidad y posibilita proyectar un sistema de capacitación que incluya diferentes actores sociales, contribuyendo a ser más efectiva la toma de decisiones en el proceso productivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, F.P.: Efectos de las interacciones entre altas densidades poblacionales y niveles nutricionales en el cultivo de maíz, zona de Babahoyo, Universidad Técnica de Babahoyo, Tesis de Diploma, Ecuador, 83 p., 2010.
- BOCCHI, S.; MALGIOGLIO, A.: "Azolla-Anabaena as a Biofertilizer for Rice Paddy Fields in the Po Valley, a Temperate Rice Area in Northern Italy", *International Journal of Agronomy*, 2010: e152158, 2010, ISSN: 1687-8159, DOI: 10.1155/2010/152158.
- FAO: Manual de sistemas de labranza para América Latina, ser. Boletín de suelos de la FAO, no. ser. 66, Ed. FAO, Roma, Italy, 193 p., 1992, ISBN: 978-92-5-303253-2.
- GARCÍA, J.P.; ESPINOSA, J.: "Relación del índice de verdor con la aplicación de nitrógeno en diez híbridos de maíz", *Informaciones Agronómicas*, (71): 9-14, 2008.
- KAPPE, C.; ARF, O.; ANDRADE, J.A. da C.: "Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio", *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(5): 1310-1321, 2013, ISSN: 0100-0683, DOI: 10.1590/S0100-06832013000500020.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.D.; VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C.; SALAZAR-SOSA, E.; ZÚÑIGA-TARANGO, R.; TREJO-ESCARREÑO, H.I.: "Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero", *Phyton*, 79(1): 47-54, 2010, ISSN: 1851-5657.
- MARCILLO, M.C.: Estudio los efectos de la aplicación de N, K, Mg, S, Ca y Mn en el cultivo del maíz híbrido Dekalb DK1040 en la zona de Quevedo, Universidad Técnica de Babahoyo, Tesis de Diploma, Ecuador, 78 p., 2013.
- MENDOZA, C.C.: Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en la productividad del maíz híbrido Dekalb DK1040 sembrado con dos densidades poblacionales, Universidad Técnica de Babahoyo, Tesis de Diploma, Ecuador, 78 p., 2010.
- MOHAMMADHOSSEIN, R.; WAISMORADI, A.; HOSHANG, R.: "Energy Efficiency of Different Tillage Systems in Forage Corn Production", *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(22): 1644-1652, 2012, ISSN: 2227-670X.
- SALVAGIOTTI, F.; FERRAGUTI, F.; MANLLA, A.: "Respuesta a la fertilización y eficiencia en el uso del nitrógeno en maíz de siembra tardía sobre diferentes antecesores utilizando inhibidores de ureasa", *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 8: 2-5, 2012, ISSN: 2222-016X.
- SÁNCHEZ, A.; DELGADO, R.; LORBES, J.; RODRÍGUEZ, V.; FIGUEREDO, L.; GÓMEZ, C.: "Diagnosis and index for nitrogen fertilization in vegetative stage in corn (*Zea mays* L.) crop", *Revista Unelvez de ciencia y tecnología*, 33: 75-82, 2015, ISSN: 1012-7054.
- STATISTICAL GRAPHICS CROP: STATGRAPHICS® Plus, [en línea], (Versión 5.1), [Windows], ser. Profesional, 2000, Disponible en: <http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>.
- STOUT, B.A.: *Handbook of energy for world agriculture*, Ed. Elsevier Science Publishers, London, 1990, ISBN: 978-1-85166-349-1.
- ZAVASCHI, E.; FARIA, L. de A.; VITTI, G.C.; NASCIMENTO, C.A. da C.; MOURA, T.A. de; VALE, D.W. do; MENDES, F.L.; KAMOGAWA, M.Y.: "Ammonia volatilization and yield components after application of polymer-coated urea to maize", *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(4): 1200-1206, 2014, ISSN: 0100-0683, DOI: 10.1590/S0100-06832014000400016.

**Recibido:** 23/09/2016.

**Aprobado:** 17/05/2017.

*Miguel André Castellanos-Reyes*, Ingeniero agrónomo, Universidad del Tolima-Colombia, estudiante de doctorado en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Correo electrónico: [miandcas@hotmail.com](mailto:miandcas@hotmail.com)

*Ramiro Valdés-Carmenate*, Correo electrónico: [ramiro@unah.edu.cu](mailto:ramiro@unah.edu.cu)

*Fernando Guridi-Izquierdo*, Correo electrónico: [fguridi@unah.edu.cu](mailto:fguridi@unah.edu.cu)

*Aldo López-Gómez*, Correo electrónico: [ramiro@unah.edu.cu](mailto:ramiro@unah.edu.cu)

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.