



Aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro

Foliar application of micronutrients and phyto regulators as complement of the edaphic fertilization in hard yellow corn

Autores: Frowen Cedeño Sacón¹
Jessica Cargua Chávez²
Jairo Cedeño Dueñas³
Javier Mendoza Vargas⁴
Geoconda López Álava⁵
Galo Cedeño García⁶

Dirección para correspondencia: alex.musaespam@gmail.com

Recibido: 2018-04-19

Aceptado: 2018-06-07

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar efecto de la nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitoreguladores sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Los tratamientos fueron: T1) fertilización edáfica + nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitoreguladores, y T2) fertilización edáfica sin nutrición foliar complementaria. La aplicación foliar fue realizada en las etapas fenológicas V6 (hoja 6), V12 (hoja 12) y V18 (hoja 18). La comparación entre tratamientos se hizo a través de la prueba de “*t de Student*”

¹ Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, Campus Politécnico El Limón, Calceta, Manabí, Ecuador.

² Carrera de Tecnología Superior en Producción Agrícola, Instituto Tecnológico Superior Calazacón. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

³ Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, Campus Politécnico El Limón, Calceta, Manabí, Ecuador.

⁴ Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, Campus Politécnico El Limón, Calceta, Manabí, Ecuador.

⁵ Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, Campus Politécnico El Limón, Calceta, Manabí, Ecuador.

⁶ Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, Campus Politécnico El Limón, Calceta, Manabí, Ecuador.

para muestras pareadas con ocho parcelas por tratamiento y un nivel de confianza del 95%. La principal variable evaluada fue el rendimiento en t ha⁻¹. La nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores mostró efectos significativos ($p \leq 0,05$) sobre el rendimiento, que en promedio produjo 11,27 t ha⁻¹ en relación al tratamiento testigo (fertilización edáfica) con un rendimiento de 8,77 t ha⁻¹, lo cual representó un 28% de incremento productivo. Los resultados alcanzados fueron muy prometedores y destacan la importancia de la nutrición foliar complementaria dentro de un plan integral de manejo del cultivo, sin embargo, no son definitivos, por lo que es necesario realizar ajustes vía experimentos formales en varias localidades para precisar datos y recomendaciones.

Palabras clave: Fertilizantes; Nutrición de las plantas; Producción agrícola.

Abstract

The objective of this research was to determine the effect of foliar nutrition supplemented with micronutrients and phyto regulators on the yield of hard yellow corn. The treatments were: T1) edaphic fertilization + foliar nutrition supplemented with micronutrients and phyto regulators, and T2) edaphic fertilization without supplementary foliar nutrition. Foliar application was carried out in the phenological stages V6 (leaf 6), V12 (leaf 12) and V18 (leaf 18). The comparison between treatments was done through the “*t Student*” test for paired samples with eight plots per treatment and a 95% confidence level. The main variable evaluated was the yield in t.ha⁻¹. Foliar nutrition supplemented with micronutrients and phyto regulators showed significant effects ($p \leq 0,05$) on yield, which on average produced 11,67 t ha⁻¹ in relation to control treatment (edaphic fertilization) with a yield of 8,77 t ha⁻¹, wich represented a 28% increase in production. The results obtained were very promising and highlight the importance of supplementary foliar nutrition within an integrated plan of crop management; however, they are not definitive, so it is necessary to make adjustments through formal experiments in several locations to specify data and recommendations.

Keywords: Agricultural production; Fertilizers; Plant nutrition.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es el segundo cultivo más importante a nivel mundial, se pronostica que para el año 2020 el maíz superará al trigo y arroz, para posesionarse como el principal cultivo a escala mundial. Teóricamente, como planta del metabolismo C4, el maíz tiene un mayor potencial de rendimiento que el trigo y el arroz (Jones, 2009). Por lo tanto, el rendimiento de grano por unidad de superficie podría incrementarse en los países en desarrollo, razón por la que el maíz jugará en el futuro un papel importante en la producción de granos (Ort y Long, 2014; Gong *et al.*, 2015). En el año 2012 la producción mundial de maíz fue de 875 millones de toneladas, de las cuales Estados

Unidos, China y Brasil aportaron con el 31%, 24% y 8% de la producción total, respectivamente (Ranum *et al.*, 2014).

El principal problema del maíz en Ecuador es la baja productividad con un rendimiento promedio de 4,03 t ha⁻¹, lo cual es significativamente bajo en relación a otros países americanos como EEUU, Argentina y Brasil que presentan rendimientos promedios de 10,7; 6,6 y 5,2 t ha⁻¹, respectivamente, y es abismal si la comparamos con los rendimientos promedios de países del medio oriente como Israel, Kuwait y Jordania con 34, 31 y 16 t ha⁻¹, respectivamente (FAO 2015). Por su parte, Manabí reporta una productividad promedio de 3,0 t ha⁻¹, en comparación a las provincias de Los Ríos y Guayas con rendimientos promedios de 4,87 y 4,75 t ha⁻¹ respectivamente (MAGAP, 2016).

El inadecuado manejo del cultivo, en especial la fertilización, es una de las causas principales responsable de los bajos rendimientos provinciales, donde, según investigaciones los suelos de los valles Portoviejo, Carrizal y Chone presentan bajos contenidos de algunos micronutrientes, entre ellos el zinc y boro, y en todos los casos el nitrógeno y azufre están presentes en concentraciones insuficientes para sostener una producción rentable (Motato y Pincay, 2015). La deficiencia de micronutrientes conlleva a desórdenes fisiológicos que afecta la producción de los cultivos, dado que la mayoría de estos cumplen funciones fisiológicas específicas en los procesos de fotosíntesis, respiración y síntesis de fitohormonas implicadas en el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos (Kirkby y Romheld, 2008a, b y c). Además, algunos micronutrientes están estrechamente relacionados a la inducción de resistencia a plagas y patógenos (Soria, 2008).

Existe evidencia que la fertilización complementaria con micronutrientes y fitorreguladores, mejoran significativamente la productividad del maíz. En este sentido Motato *et al.* (2016) obtuvieron rendimientos significativamente superiores en maíz al aplicar micronutrientes y biol como complemento a la fertilización convencional en tres cantones de Manabí. Por su parte Potarzycki y Grzebisz (2009), Tahir *et al.* (2012), Kaur y Nelson (2015), Drissi *et al.* (2015) y Shahab *et al.* (2016) determinaron que la aplicación foliar de zinc y boro mejoró notablemente el rendimiento del cultivo. En este mismo contexto Smiciklas y Below (1992), Amin *et al.* (2006) y Ghodrati *et al.* (2012) demostraron que aplicaciones foliares de fitorreguladores en las dosis y etapas fenológicas adecuadas incrementaron significativamente la productividad del maíz.

En consideración a lo descrito se planteó como objetivo de la presente investigación, determinar el efecto de la nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento del maíz amarillo duro.

Metodología

El experimento se desarrolló durante la época seca del 2016, en el campus politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel

Félix López (ESPAM MFL), localizado en el sitio El Limón del cantón Bolívar, Manabí.

Los tratamientos estudiados fueron: T1) fertilización edáfica + nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores, y T2) fertilización edáfica sin nutrición foliar complementaria. La nutrición foliar con micronutrientes y fitorreguladores se realizó con un *mix* de quelatos de bajo peso molecular (metalosatos) a base de Fe, Cu, Mn, Mo, Zn y B en dosis de 1 L ha⁻¹, y un fitorregulador comercial a base de citocininas (100 ppm), ácido giberélico (56 ppm) y ácido 3-indol butírico (56 ppm) en dosis de 1 L ha⁻¹. Ambos productos fueron aplicados en las etapas fenológicas V6 (hoja 6), V12 (hoja 12) y V18 (hoja 18).

La dosis de fertilización edáfica fue decidida en base al reporte de análisis de suelo, la demanda nutricional del cultivo, y a una meta de rendimiento pre-establecida de 10 t ha⁻¹ de acuerdo al potencial genético del híbrido utilizado. El análisis de suelo reportó niveles bajo de N y S, y altos de P, K y Mg. Las dosis de N y S fueron calculadas con la absorción total del cultivo y las de P, K y Mg con la extracción de los granos. El nivel de N usado en el ensayo fue de 200 kg ha⁻¹, aplicados como urea (60-0-0). Para P, K, Mg y S se utilizaron dosis de 40, 50, 30 y 40 kg ha⁻¹, respectivamente, y las fuentes usadas fueron fosfato diamónico (18-46-0), Sulpomag (0-0-22-18-22), sulfato de amonio (21-0-0-24) y cloruro de potasio (0-0-60). La urea fue aplicada en tres fracciones y proporciones, según lo recomendado por García y Espinoza (2009). La primera en etapa fenológica VE (emergencia) donde se aplicó el 20% del fertilizante, las restantes fueron realizadas en las etapas V6 y V10 con el 40% de la urea en cada aplicación. El fertilizante fosfatado fue aplicado en su totalidad a la siembra a un lado de la semilla. El resto de fertilizantes fueron aplicados en dos fracciones y proporciones, el 50% en la etapa VE y el resto en la etapa V6. Los fertilizantes fueron colocados en banda a un lado del surco. No se aplicó calcio porque los contenidos en el suelo fueron muy altos. Tampoco se aplicó micronutrientes al suelo con fines de evitar sesgo con respecto a la nutrición foliar.

El material genético utilizado fue un híbrido comercial con potencial de rendimiento de 10 t ha⁻¹ para las condiciones de Manabí. La densidad de siembra utilizada fue de 65.000 plantas ha⁻¹. Las semillas fueron protegidas con la mezcla insecticida a base de Thiametoxan en dosis de 3 cc.kg⁻¹ de semillas + Thiodicar en dosis de 15 cc kg⁻¹ de semilla, esto con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores.

Diseño estadístico y unidad experimental

El ensayo fue establecido en campo con dos tratamientos, donde cada uno se conformó por bloques de ocho parcelas o unidades experimentales de 32 m² (6 surcos de 8 m de largo espaciados a 0,80 m), con un total de 16 unidades experimentales. La cosecha se realizó en los cuatro surcos centrales de cada

parcela, la distancia entre plantas fue 0,20 m con una planta por sitio, y densidad de 65 000 plantas ha⁻¹. En cada surco útil se establecieron 40 plantas de las cuales fueron registradas para la evaluación 36 al descontar dos en cada borde del surco para efectos de error, lo que totalizó 144 plantas por parcela neta.

Para comparar el efecto de los dos tratamientos se utilizó la distribución de “*t de Student*” para muestras pareadas, donde se probaron las hipótesis nula H₀: T₁ = T₂ y alternativa H₁: T₁ ≠ T₂, a un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0.05$). El cálculo del estadístico de *t* se realizó mediante la fórmula siguiente:

$$T_{calculada} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}$$

T = estadístico

\bar{d} = media de las diferencias

$S_{\bar{d}}$ = Error estándar de las diferencias

Variables respuesta

Se registraron variables relacionadas al componente de rendimiento como: número de granos por mazorca, masa de 100 granos (g) y masa de granos por mazorca (g), que fueron registradas en base a 10 mazorcas tomadas al azar del centro de la parcela neta. Además, se registró el número de mazorcas por parcela, rendimiento por parcela (kg) y rendimiento por hectárea (t ha⁻¹). Para todas las variables se ajustó la humedad de grano al 14%.

El rendimiento se determinó por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 14% de humedad y transformados a t ha⁻¹. Para uniformizar el peso se empleó la siguiente fórmula:

$$PU(14\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

Pa = Peso actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada

Para expresar el rendimiento en kg ha⁻¹ se utilizó la fórmula siguiente:

$$Rend (kg ha^{-1}) = \frac{PU (10000 m^2)}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}}$$

Donde:

PU = Peso uniformizado (kg)

Manejo específico del experimento

El control de malezas se realizó en pre-emergencia con la mezcla herbicida Terbutrina + Pendimetalin en dosis de 1,5 L ha⁻¹ + 2,5 L ha⁻¹ de cada herbicida. Además, debido a la presencia de malezas al momento de la siembra también se agregó a la mezcla anterior 1,5 L ha⁻¹ de glifosato. En pos-emergencia se observó la presencia de malezas de hojas anchas y ciperáceas, por lo cual se aplicó la mezcla herbicida Bentazon + MCPA en dosis de 1,5 L ha⁻¹ de cada producto. También se presencié de forma aislada algunas malezas de hoja angosta por lo que se recurrió a la aplicación localizada del herbicida Nicosulfuron en dosis de 30 g ha⁻¹. A los 30 días después de la siembra se aplicó un insecticida co-formulado a base de lambda-cyhalotrina + thiametoxan en dosis de 1 cc L⁻¹ de agua, para el control del gusano cogollero. El riego se realizó con frecuencia semanal mediante sistema presurizado de aspersion.

Resultados

El número de mazorcas por parcela fue significativamente influenciada ($p \leq 0,05$) por la nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitoreguladores, donde la diferencia de medias entre tratamientos fue de 8,8 mazorcas que significaron un 5% adicional al tratamiento testigo (Tabla 1). La mayor cantidad de mazorcas obtenidas en el tratamiento con nutrición foliar a base de micronutrientes y fitoreguladores, puede deberse a la interacción de hormonas contenidas en el producto comercial aplicado con las ya existente en las plantas, que modificaron procesos fisiológicos relacionados a la prolificidad, que promueve mayor número de mazorcas en algunas plantas. El efecto de las hormonas en la prolificidad del maíz ha sido documentado por varios autores (Bommineni y Greyson, 1990; Nanfei *et al.*, 2004).

Tabla 1. Comparación de la fertilización edáfica complementada con aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores vs fertilización edáfica convencional sobre el número de mazorcas por parcela y número de granos por mazorca.

Variables	Media de tratamientos		Diferencia de medias	Estadístico de <i>t</i>	Valores críticos de <i>t</i>		<i>p</i> -valor
	Con ¹ / nutrición foliar	Sin nutrición foliar			T _{0,05}	T _{0,01}	
N° de mazorcas por parcela	174,00	165,13	8,88	2,78	2,15	2,98	0,0271*
N° de granos por mazorca	660,92	626,47	34,45	1,88	2,15	2,98	0,9200 ^{NS}

¹/Nutrición foliar a base de micronutrientes y fitoreguladores; ^{NS}No significativo; *Significativo

El número de granos por mazorca no fue afectado significativamente ($p \geq 0,05$) por la aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores (Tabla 1), lo cual podría deberse a que esta variable sea controlada genéticamente, lo cual concuerda a lo mencionado por Vagno *et al.* (2008) y Álvarez *et al.* (2014)

quienes describen que algunas características del rendimiento en maíz son dependientes del genotipo.

El efecto de la aplicación foliar de micronutrientes y fitorreguladores fue significativo ($p \leq 0.01$) sobre las variables masa de 100 granos y masa de granos por mazorca (Tabla 2), lo cual indica que los micronutrientes y fitorreguladores mejoran procesos fisiológicos como el llenado del grano. La diferencia entre tratamientos con y sin nutrición foliar fue de 3 y 26,72 gramos para masa de 100 granos y masa de granos por mazorca, respectivamente. Los resultados son próximos a los reportados por Potarzycki y Grzebisz (2009) y Shahab *et al.* (2016) quienes obtuvieron incrementos significativos en masa de 1000 granos con dosis crecientes de Zn en contraste al testigo. Resultados similares fueron hallados por Manasa y Devaranavada (2015) y Wasaya *et al.* (2017), quienes informaron incrementos notorios de la masa de granos del maíz con la aplicación de Zn, Fe y B como complemento de la fertilización con macronutrientes. En cuanto al efecto de reguladores de crecimiento sobre el incremento en masa de grano del maíz, ha sido ampliamente documentado por varios autores (Sahu *et al.*, 1993; Ghodrati *et al.*, 2012; Yongchao *et al.*, 2016), lo cual da sustento a los resultados obtenidos en estas variables (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de la fertilización edáfica complementada con aplicación foliar de micronutrientes y fitorreguladores *vs* fertilización edáfica convencional sobre la masa de 100 granos y masa de granos por mazorca.

Variables	Media de tratamientos		Diferencia de las medias	Estadístico de <i>t</i>	Valores críticos de <i>t</i>		<i>p</i> -valor
	Con ^{1/} nutrición foliar	Sin nutrición foliar			T _{0,05}	T _{0,01}	
Masa de 100 granos (g)	23,00	20,00	3,00	5,02	2,15	2,98	0,0001**
Masa de granos por mazorca (g)	148,93	122,21	26,72	4,22	2,15	2,98	0,0017**

^{1/}Nutrición foliar a base de micronutrientes y fitorreguladores; ** Altamente significativo

El rendimiento del cultivo fue significativamente ($p \leq 0,01$) influenciado por las aplicaciones foliares de micronutrientes y fitorreguladores. El rendimiento por parcela en el tratamiento que recibió la nutrición foliar completaría produjo 5,51 kg adicionales al tratamiento testigo, que significó un incremento porcentual del 28% (Tabla 3). Igual tendencia se produjo para el rendimiento total por hectárea, donde la diferencia en rendimiento con respecto al tratamiento testigo fue de 2,50 t ha⁻¹ (Tabla 3).

Finalmente, con la aplicación foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores se obtuvo 11,67 t ha⁻¹, en comparación al testigo que alcanzó 8,77 t ha⁻¹, lo cual significó 28% de incremento en rendimiento (Figura 1). Al comparar estos rendimientos con los reportes oficiales de Manabí, se aprecia que con la nutrición foliar se alcanza un incremento de 8,67 t ha⁻¹ y con la

fertilización edáfica 5,77 t ha⁻¹, lo cual significa un incremento porcentual con respecto al rendimiento provincial (3,00 t ha⁻¹) de 289 y 192%, respectivamente.

Tabla 3. Comparación de la fertilización edáfica complementada con aplicación foliar de micronutrientes y fitorreguladores *vs* fertilización edáfica convencional sobre el rendimiento del maíz amarillo duro.

Variables	Media de tratamientos		Diferencia de las medias	Estadístico de <i>t</i>	Valores críticos de <i>t</i>		<i>p</i> -valor
	Con ^{1/} nutrición foliar	Sin nutrición foliar			T _{0,05}	T _{0,01}	
Rendimiento por parcela (kg)	25,92	20,41	5,51	5,07	2,15	2,98	0,0006**
Rendimiento ha ⁻¹ kg	11,27	8,77	2,50	5,32	2,15	2,98	0,0005**

^{1/}Nutrición foliar a base de micronutrientes y fitorreguladores; * Altamente significativo

Los resultados de rendimiento obtenidos guardan semejanza a los reportados por Potarzycki y Grzebisz (2009), Tahir *et al.* (2012), Kaur y Nelson (2015) y Shahab *et al.* (2016) quienes informaron incrementos de rendimientos desde 0,6 a 2 t ha⁻¹ en relación al testigo con aplicación de micronutrientes como Zn y B. De igual manera los resultados de rendimiento alcanzados en este experimento son cercanos a los obtenidos por Ghodrat *et al.* (2012) y Yongchao *et al.* (2016) los que reportaron incrementos de rendimientos desde 1,5 a 2 t ha⁻¹ con la aplicación de dosis óptimas de ácido giberélico, ácido indol butírico, DCPTA (2-diethylaminoethyl-3, 4-dichlorophenylether) y CCC (2-chloroethyltrimethylammonium chloride) en las etapas fenológicas adecuadas para ser asimiladas por las plantas.

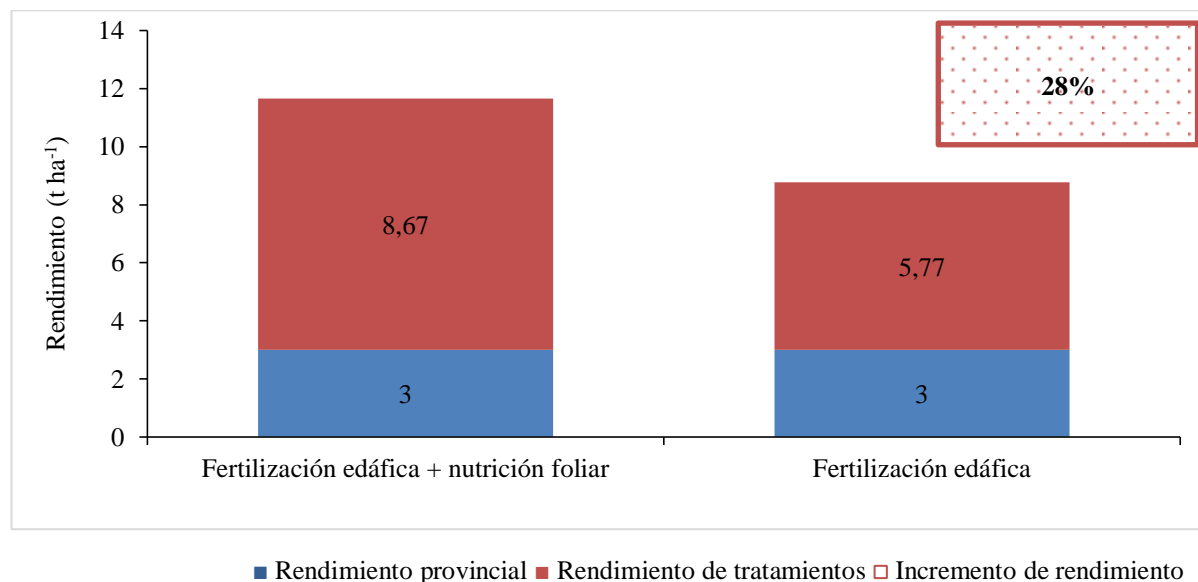


Figura 1. Rendimiento del maíz amarillo duro con fertilización edáfica complementada con micronutrientes y fitorreguladores, en relación a la fertilización edáfica convencional y el rendimiento promedio de Manabí.

Discusión

El efecto significativo de los micronutrientes aplicados al follaje junto con fitorreguladores sobre las variables evaluadas en este ensayo, puede deberse a las funciones fisiológicas específicas que cumplen en el metabolismo vegetal. Se conoce que el Mn, Fe y Cu están implicados en la transferencia de electrones en la fotofosforilación y forman numerosas metalproteínas necesarias en reacciones enzimáticas involucradas en la síntesis de compuestos orgánicos (Kirkby y Romheld, 2008a y b). El Zn es de vital importancia para las plantas C4 como el maíz, puesto que está ligado a la enzima anhidrasa carbónica de vital importancia para fijación del carbono, además de ser precursor de la síntesis del aminoácido triptófano que participa en la formación de reguladores de crecimiento como las auxinas. El Mo interviene en el metabolismo del N, por lo que induce una asimilación más eficiente del mismo (Kirkby y Romheld, 2008b). El B ha sido relacionado con germinación de tubo polínico y cuajado del fruto, así como también en el transporte de carbohidratos desde las fuentes hacia los sumideros (Kirkby y Romheld, 2008c). Por su participación directa en el metabolismo vegetal los micronutrientes pueden mejorar procesos como contenido de clorofila, síntesis y transporte de carbohidratos, tolerancia a condiciones adversas, llenado de frutos y granos, así como la germinación de semillas (Babaeian *et al.*, 2011; Farooq *et al.*, 2012). Así mismo los diferentes fitorreguladores empleados en agricultura incrementan la producción de cereales y granos mediante la modificación de procesos que involucran crecimiento, desarrollo y tolerancia a estreses abióticos (Yang *et al.*, 2013; Kurepin *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2016).

Conclusiones

Los micronutrientes y fitorreguladores aplicados al follaje como complemento de la fertilización edáfica en etapas fenológicas V6, V12 y V18 influyeron significativamente los componentes de rendimiento del maíz amarillo duro.

La aplicación complementaria de micronutrientes y fitorreguladores incrementaron el rendimiento en un 28% con respecto al tratamiento testigo (fertilización edáfica).

Con respecto al rendimiento promedio de Manabí, la fertilización convencional y la convencional complementada con micronutrientes y fitorreguladores incrementaron los rendimientos en un 192 y 289, respectivamente.

Los resultados obtenidos no son definitivos, por lo que conviene repetir el ensayo, e incluir mayor cantidad de tratamientos y localidades con miras a consolidar los datos y establecer dominios de recomendaciones más precisos.

Referencias bibliográficas

Álvarez, S.; Sadras, V. and Borrás, L. 2014. Independent genetic control of maize (*Zea mays* L.) kernel weight determination and its phenotypic plasticity. *Journal of Experimental Botany* 65(15): 4479 – 4487.

Amin, A.; Rashab, E. and Gharib, F. 2006. Physiological responses of maize plants (*Zea mays* L.) to foliar application of Morphactin CF₁₂₅ and Indole-3 Butyric Acid. *Journal of Biological Science* 6(3): 547 – 554.

Babaeian, M.; Heidari, M. and Ghanbari, A. 2011. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 12(4): 377 – 391.

Bommineni, V. and Greyson, R, 1990. Effect of gibberellic acid and indole-3-acetic acid on growth and differentiation of cultured ear inflorescences of maize (*Zea mays* L.). *Plant Science* 68(2): 239 – 247.

Drissi, S.; Houssa, A.; Bamouh, A. and Benbella, M. 2015. Response of corn silage (*Zea mays* L.) to zinc fertilization on a sandy soil under field and outdoor container conditions. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 16: 145 – 153.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Dirección de estadística FAOSTAT. Consultado en línea (mayo 13 del 2017). Recuperado de: <http://faostat3.fao.org/download/O/QC/S>

Farooq, M.; Wahid, A. and Siddique, K. 2012. Micronutrient application through seed treatments - a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12(1): 125 – 142.

García, J. y Espinoza, J. 2009. Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas* 72: 1 – 5.

Ghodrat, V.; Rousta, M.; Tadaion, M. and Karampour, A. 2012. Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.) in Response to Foliar Application with Indole Butyric Acid and Gibberellic Acid. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 12(9): 1246 – 1251

Gong, F.; Wu, X.; Zhang, H.; Chen, Y. and Wang, W. 2015. Making better maize plants for sustainable grain production in a changing climate. *Frontiers in Plant Science* 6(835): 1 – 6.

Jones, T. 2009. “Maize tissue culture and transformation: the first 20 years”, Chapter 2: in *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Eds A.L. Krizand and B.A. Larkins (Heidelberg: Springer). pp 7–27.

Kaur, G. and Nelson, K. 2015. Effect of Foliar Boron Fertilization of Fine Textured Soils on Corn Yields. *Agronomy* 5: 1 – 18.

Kirkby, E. y Romheld, V. 2008a. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Primera parte). *Informaciones Agronómicas* 68: 1 – 6.

Kirkby, E. y Romheld, V. 2008b. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Segunda parte). *Informaciones Agronómicas* 69: 9 – 13.

Kirkby, E. y Romheld, V. 2008c. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Tercera parte). *Informaciones Agronómicas* 70: 10 – 13.

Kurepin, L.; Ozga, J.; Zaman, M. and Pharis, R. 2013. The Physiology of Plant Hormones in Cereal, Oilseed and Pulse Crops. *PS&C Prairie Soils & Crops Journal* 6: 7 – 23.

Liu, Y.; Liang, H.; Liu, D.; Wen, X, and Liao, Y. 2016. Effect of polyamines on the grain filling of wheat under drought stress. *Plant Physiol Biochem* 100(1):13-29.

MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2016. Boletín situacional del cultivo. SINAGAP, Superficie, producción y rendimiento, maíz duro seco. Consultado en línea (mayo 13 del 2017). Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-de-cultivo-2015/file/875-maiz-duro-seco>

Manasa, L. and Devaranavada, S. 2015. Effect of foliar application of micronutrients on growth, yield and nutrient uptake of maize. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 28(4): 474-476.

Motato, N. y Pincay, J. 2015. Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *La Técnica* 14: 6 – 23.

Motato, N.; Pincay, J.; Avellán, M.; Falcones, M. y Aveiga, E. 2016. Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *ESPANCIENCIA* 7(2): 109 – 116.

Nanfei, X.; Kent, Y.; Philip, M. and Nordine, C. 2004. Co-regulation Of ear growth and internode elongation in corn. *Plant Growth Regulation* 44(3): 231 – 241.

Ort, D. and Long, S. 2014. Limits on yields in the Corn Belt. *Science* 344: 484 – 485.

Potarzycki, J. and Grzebisz, W. 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant. Soil. Environ.* 55(12): 519 – 527.

Ranum, P.; Peña, J. and García, M. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1312: 105–112.

Sahu, M.; Solanki, N. and Dashora, L. 1993. Effects of Thiourea, Thiamine and Ascorbic Acid on Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 171(1): 65 – 69.

Shahab, Q.; Afzal, M.; Hussain, B.; Abbas, N.; Hussain, S.; Zehra, Q.; Hussain, A.; Hussain, Z.; Ali, A. and Abbas, Y. 2016. Effect of different methods of zinc

application on maize (*Zea mays* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research 9(3): 66 – 75.

Smiciklas, K. and Below, F. 1992. Role of cytokinin in enhanced productivity of maize supplied with NH_4^+ and NO_3^- . Plant and Soil 142(2): 307 – 313.

Soria, N. 2008. Nutrición foliar y defensa natural. En: XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Quito 29 – 31 de octubre de 2008. pp 1 – 11.

Tahir, M.; Ali, A.; Khalid, F.; Naeem, M.; Fiaz, M. and Waseem, M. 2012. Effect of foliar applied boron application on growth, yield and quality of maize (*Zea mays* L.). Pakistan journal of scientific and industrial research 55(3): 117 – 121.

Vagno, L.; Vieira, G.; Cardoso, J.; Eckert, F.; Mantovani, E.; Oliveira, R. and Moreira, L. 2008. Genetic control of grain yield and nitrogen use efficiency in tropical maize. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 43(11): 1517-1523.

Wasaya, A.; Muhammad, S.; Hussain, M.; Ansar, M.; Aziz, A.; Hassan, W. and Ahmad, I. 2017. Foliar application of Zinc and Boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. Journal of soil science and plant nutrition 17(1). [on line]. in press [consultado 2017-05-20].

Recuperado de:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S07189516201700500003&lng=es&nrm=iso&tlng=en

Yang, W.; Cai, T.; Ni, Y.; Li, Y.; Guo, J. Peng, D.; Yang, D.; Yin, Y. and Wang, Z. 2013. Effects of exogenous abscisic acid and gibberellic acid on filling process and nitrogen metabolism characteristics in wheat grains. Australian Journal of Crop Science 7(1): 58 – 65.

Yongchao, W.; Wanrong, G.; Tenglong, X.; Lijie, L.; Yang, S.; He, Z.; Jing, L. and Shi, W. 2016. Mixed Compound of DCPTA and CCC Increases Maize Yield by Improving Plant Morphology and Up-Regulating Photosynthetic Capacity and Antioxidants. PLOS ONE 11(2): 1 – 25.