

**Efecto de dos fuentes quelatadas con Mn, Zn,  
B, Cu, Mo y Fe en el cultivo de caña de azúcar  
en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras**

**Brian Antonio Springer Castellon**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA

# **Efecto de dos fuentes quelatadas con Mn, Zn, B, Cu, Mo y Fe en el cultivo de caña de azúcar en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Brian Antonio Springer Castellon**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

# **Efecto de dos fuentes quelatadas con Mn, Zn, B, Cu, Mo y Fe en el cultivo de caña de azúcar en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras**

Presentado por:

Brian Antonio Springer Castellon

Aprobado:

---

Gloria Arévalo de Gauggel, Ph.D.  
Asesora Principal

---

John Jairo Hincapié, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Cristian Banegas, Ing. Agr.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Efecto de dos fuentes quelatadas con Mn, Zn, B, Cu, Mo y Fe en el cultivo de caña de azúcar en el ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras**

**Brian Antonio Springer Castellon**

**Resumen** La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas ya que cada uno de estos cumplen ciertas funciones que optimizan el rendimiento, aunque las plantas los necesita en pequeñas cantidades son demandados por la planta. Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de dos programas foliares con fuentes quelatadas de micronutrientes manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y hierro (Fe) en variables agronómicas en el cultivo de caña de azúcar. Este estudio fue realizado en la finca Santa Elena del ingenio La Grecia localizado en Choluteca, Honduras. La variedad de caña fue CP722086, que es un cultivo de primera soca, es decir, que solo tuvo un corte anteriormente y fue realizado el 1 de diciembre del año 2014. Las variables agronómicas que se evaluaron fueron la altura de la planta, el diámetro de la caña, la población total de tallos en el lote y la clorofila de las hojas a los días uno, 30, 60, 90, 120 y 150 después de aplicación. Se evaluó el rendimiento de caña (t/ha) a partir de estimaciones realizadas al quinto y noveno mes después de corte. La aplicación foliar de los fertilizantes con micro nutrientes no tuvo una diferencia significativa en el rendimiento.

**Palabras claves:** Micro nutrientes, programas foliares, rendimiento, *Saccharum officinarum*.

**Abstract:** The availability of micro nutrients is essential for growth and development of the plants because each one of these micro nutrients comply with certain functions that optimize a better output, although the plants need them in low quantities and are needed by the plant such as macro nutrients. The objectives of this study were to determine the effect of two foliar programs with chelates fonts of micro nutrients manganese (Mn), zinc (Zn), boron (Bo), copper (Cu), molybdenum (Mo) and iron (Fe) in agronomics variables in sugar cane. This study was made in Santa Elena property in La Grecia sugar mill in Choluteca, Honduras. The variety of sugar cane was CP722086; this was first soca cultivation, its means that it had only been harvested once before and was made on December 1st 2014. The whole stem population was measured during day 1, 30, 60, 90, 120 and 150 after application. The agronomic variables that had been tested on the experiment were the height of the plant, the width of the stem, and the chlorophyll in the leaves were measured during day 1, 30, 60, 90, 120 y 150 after application. The output of sugar cane was evaluated in tons per hectare (t/ha) with certain estimations that were realized on the fifth and ninth month after being cut. The foliar application of fertilizers with micro nutrients did not have a significance difference in the output and the micro nutritional content in foliage.

**Key words:** Foliar programs, micro nutrients, *Saccharum officinarum*, yield.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>16</b>

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros		Página
1.	Descripción de productos Metalosates. ....	6
2.	Micronutrientes que contiene cada producto.....	6
3.	Número de tallos por metro del cultivo de caña de azúcar en los días uno, 30, 60, 90, 120 y 150 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.....	8
4.	Altura del cultivo de caña de azúcar en los días uno, 30, 60, 90, 120 y 150 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.....	9
5.	Cantidad de clorofila en las hojas del cultivo de caña de azúcar en los días uno, 30, 60 y 90 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.....	10
6.	Diámetro de los tallos del cultivo de caña de azúcar en los días 60, 90, 120 y 150 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras .....	11
7.	Rendimiento de toneladas de caña por hectárea al quinto y noveno mes en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras .....	11
8.	Contenido nutricional de las muestras foliares de caña de azúcar al cuarto mes después de corte variedad CP722086 en el lote 3003814 de la Finca Santa Elena del Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras ..	13

Figuras		Página
1.	Ubicación del lote experimental en la finca Santa Elena del Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.....	4
2.	Ubicación de plantas usadas para toma de muestras foliares en cada bloque. ....	5
3.	Distribución de sus tratamientos y repeticiones. En el lote experimental cada tratamiento consta de ocho surcos.....	7

## 1. INTRODUCCIÓN

Investigaciones recientes de la fisiología vegetal han demostrado que los micronutrientes desempeñan un importante papel en la resistencia de las plantas al estrés abiótico y biótico, especialmente en la resistencia a enfermedades y plagas (Trofobiosis). Por otra parte las concentraciones más bajas de los micronutrientes se reflejan en su función como constituyentes de los grupos protéticos en las metaloproteínas y como activadores de las reacciones enzimáticas (Metalosate 2008).

La demanda de micronutrientes depende de la especie vegetal considerada, del cultivar y de los rendimientos obtenidos. Los micronutrientes cobran, comparativamente, mayor importancia en la producción de cultivos intensivos que en los extensivos. En estos últimos, su deficiencia afecta el rendimiento, mientras que en los cultivos intensivos afecta, además, factores de calidad tales como firmeza y color de frutos, pudiendo ocasionar trastornos fisiológicos en el período de post cosecha (Ferraris sf).

Los elementos menores o micronutrientes deben su nombre a las cantidades relativamente pequeñas en que las plantas los utilizan para su nutrición, pero son tan importantes como el resto de nutrimentos esenciales por la relación que guardan con procesos enzimáticos, procesos de oxidación-reducción, formación de clorofila, transporte de carbohidratos, etc. Las deficiencias de micronutrientes suelen presentarse como consecuencia de la pobreza natural del suelo o inducidas por condiciones adversas relacionadas con la acidez o la alcalinidad, el contenido de materia orgánica, la sequía, el exceso de humedad y los desbalances nutricionales debido a manejos inadecuados de los fertilizantes y las enmiendas. La extracción de nutrientes por parte de cualquier cultivo varía ampliamente ya que depende de la variedad sembrada, tipo de suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo; en el cultivo de la caña además de estos factores también el número de corte influye en la extracción de nutrientes (CENICANA 2004). Cada micronutriente tiene su actividad fisiológica en la planta. El boro (B) se encarga de transportar el azúcar a través de las membranas celulares, tiene actividad mitótica; el cloro (Cl) colabora con la fotosíntesis, el cobre (Cu) colabora con la fotosíntesis, provee resistencia contra las plagas y enfermedades y tiene actividad contra las enzimas; el hierro (Fe) tiene actividad contra las enzimas, contribuye con el transporte de electrones, metaboliza ácidos nucleicos, sintetiza clorofila y colabora con la fotosíntesis; el manganeso (Mn) tiene actividad enzimática y colabora con la fotosíntesis; el molibdeno (Mo) se encarga de la asimilación de nitrógeno (N); y el zinc se encarga del metabolismo de las auxinas, del uso de agua, de la actividad enzimática y del crecimiento celular (CENICANA 1995).

La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados. Cuando existe deficiencia de uno o varios micronutrientes, estos se convierten en factores limitantes de crecimiento

y de la producción, aunque existan cantidades adecuadas de los otros nutrientes (BR Global 2006).

El hecho de que las concentraciones de los micronutrientes sean mucho más bajas, en comparación de los macronutrientes, en los tejidos de las plantas implicaría que cada uno de estos grupos de nutrientes tiene diferentes papeles en el crecimiento y metabolismo de las plantas. Las concentraciones más bajas de los micronutrientes se reflejan en su función como constituyentes de los grupos protéticos en las metaloproteínas y como activadores de reacciones enzimáticas. Su presencia en grupos protéticos permite que estos catalicen procesos redox por transferencia de electrones principalmente los elementos de transición Fe, Mn, Cu y Mo (Kirkby y Römheld 2008).

La importancia de la quelación radica en que las hojas de la mayoría de las plantas tienen una superficie gruesa y cerosa. Las ceras se componen de ácidos grasos, que por naturaleza tienen una carga negativa. Cuando una sal metálica se disuelve en agua, el metal se disocia en la solución para formar un catión, un elemento mineral de carga positiva. Cuando esta solución se aplica a la superficie cerosa de la hoja, el elemento de carga positiva es atraído y sostenido por la superficie de carga negativa. Esto significa que la cutícula cerosa actúa como barrera en la absorción de los minerales iónicos. Debido a que Albión utiliza aminoácidos naturales para quelatar minerales, estos se absorben rápidamente, se traslocan y luego son metabolizados por las plantas, animales y humanos. Debido a que estos minerales son quelados completamente con aminoácidos, resultan moléculas muy pequeñas que tienen una carga neutra que no son atraídos ni repelidos por las superficies negativas de la hoja. En consecuencia, los minerales pasan libremente a través de las barreras (Metalosate 2008). Los micronutrientes Fe, Mn, B y Mo se almacenan en mayor cantidad en el tejido foliar de la planta, pero Cu y Zn se acumulan de una manera más pronunciada en los tallos a lo largo del ciclo (Rengel *et al.* 2011).

Los productos Metalosate son el resultado de minerales quelados patentados, diseñados específicamente por Albión para su aplicación en plantas. Estos cuentan con características únicas ya que la quelación de sus minerales, formado por aminoácidos, son los bloques básicos de construcción de las proteínas que forman las moléculas que se encuentran en todos los seres vivos. La quelación es el proceso de adherir una molécula orgánica específica llamada "ligando" a un ion mineral en dos o más puntos, para formar una estructura de anillo. Los quelatos pueden ser sintéticos o naturales. Algunos ejemplos de agentes de quelación sintéticos son: Acido etildiaminotetraacético EDTA, Acido dietilentriaminopentaacético DTPA. En la naturaleza existen algunos tipos de quelatos naturales tal es el caso de la hemoglobina y la clorofila. Los quelatos de aminoácidos de Albión son químicamente muy similares a los quelatos naturales presentes en las plantas, animales y humanos (Metalosate 2008).

Con determinados fertilizantes, pueden aplicarse nutrientes solubles en agua directamente a la porción aérea de la planta. Los nutrientes deben penetrar la cutícula de la hoja o los estomas y luego entrar en las células. Este método proporciona una más rápida utilización de los nutrientes y permite la corrección de las deficiencias observadas en menos tiempo del que sería requerido por los tratamientos del suelo. Sin embargo, la respuesta es a menudo solamente temporal. Cuando existen problemas de fijación al suelo de los nutrientes las aplicaciones foliares constituyen el medio más eficaz de colocación del fertilizante. El uso más importante de las pulverizaciones foliares ha sido en la aplicación de micronutrientes (Tisdale y Nelson 1988).

Mukherjee (1969) estudió los micronutrientes en caña de azúcar durante todo el crecimiento y senescencia, encontró que Cu, Zn y Mo estaban a una mayor concentración en las hojas maduras, Mn estaba en una mayor concentración en las hojas jóvenes y B aumentaba a través de todo el ciclo de vida de las hojas, en senescencia la mayor parte de Mn y Mo pero sólo una parte de la Cu y Zn regresó al tallo y B fue retenido en las hojas.

En caña de azúcar se utilizan diferentes fuentes de micro nutrientes aplicadas mayor parte al suelo, el ingenio azucarero La Grecia ubicado en Choluteca, Honduras aplica micro nutrientes vía foliar y usa distintas fuentes de micro elementos en la nutrición del cultivo de caña de azúcar y se requiere comprobar la efectividad de ellos.

Los objetivos de este trabajo fueron: Determinar y comparar el efecto del uso de dos fuentes quelatadas con Mn, Zn, B, Cu, Mo y Fe en el cultivo de caña de azúcar.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el periodo entre Diciembre del 2014 y Octubre 2015 en la finca Santa Elena, lote número 3003814 del Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras,  $13^{\circ}19'04.5''N$   $87^{\circ}14'01.0''W$  42 msnm con una precipitación anual de 1200 mm.

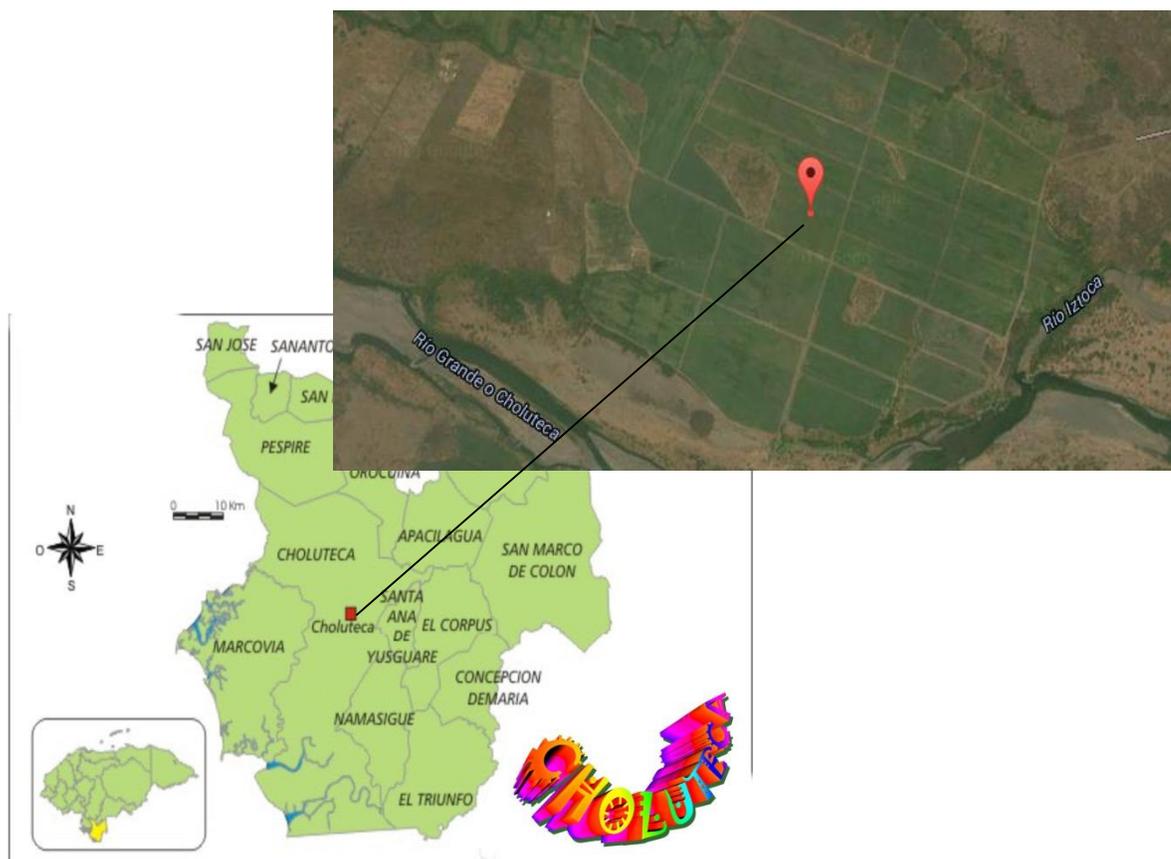


Figura 1. Ubicación del lote experimental en la finca Santa Elena del Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.

El cultivo fue caña de azúcar *Saccharum officinarum* de primer soca cortado el 1 de diciembre del 2014, sembrado a una distancia de 1.8 m entre surco y 0.4 m entre estaca, se usó la variedad CP722086. Se identificó el lote experimental con uniformidad tanto en las plantas como en el relieve, el lote experimenta estuvo ubicado en lote de producción de 9.21 ha, el largo de los surcos es de 250 metros.

## Toma de muestras foliares

Para la toma de muestreo foliar se realizó de acuerdo a la metodología utilizada por el departamento de investigación la Grecia. Muestreando la hoja recientemente expandida (TVD) que corresponde a la primera hoja con cuello visible al cuarto mes después de corte. El tamaño de la muestra fue de 15 hojas por tratamiento, cuyas plantas se marcaron con una cinta color rojo para identificar como se muestra en la figura 2, ya que estas fueron las mismas plantas que fueron muestreadas durante todo el ciclo hasta cosecha. Se tomaron muestras antes y después de la aplicación en horas frescas, por la mañana. De cada hoja se tomó el tercio medio y se quitó la nervadura central. Si estas estaban muy sucias se limpiaron con papel toalla.

Se realizó un muestreo foliar antes de la aplicación para determinar la concentración de los elementos en el lote establecido. Se realizó de la siguiente manera cada repetición consta de ocho surcos el cual el surco uno y ocho no se tomaron muestras porque quedan establecidas como barreras por la deriva de la aplicación de los fertilizantes, de los surcos dos, tres, cuatro, cinco, seis y siete se obtuvo una muestra de cada surco y cada muestra estaba compuesta por cinco sub muestras obtenidas de plantas ya marcadas que se encontraba se paradas a 20 m cada una esto se hizo para cada una de las unidades experimentales que en total son 12. Las muestras foliares fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de Zamorano y se hizo una análisis de macro y micro nutrientes con los siguientes métodos: N: Método de Keltic. K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: Digestión húmeda con  $H_2SO_4$  y  $H_2O_2$ , determinados por Absorción atómica. P: Digestión húmeda con  $H_2SO_4$  y  $H_2O_2$ , determinado por espectrofotometría (colorimetría). B,S: digestión seca con  $Mg(NO_3)_2$ , determinados por espectrofotometría (colorimetría).

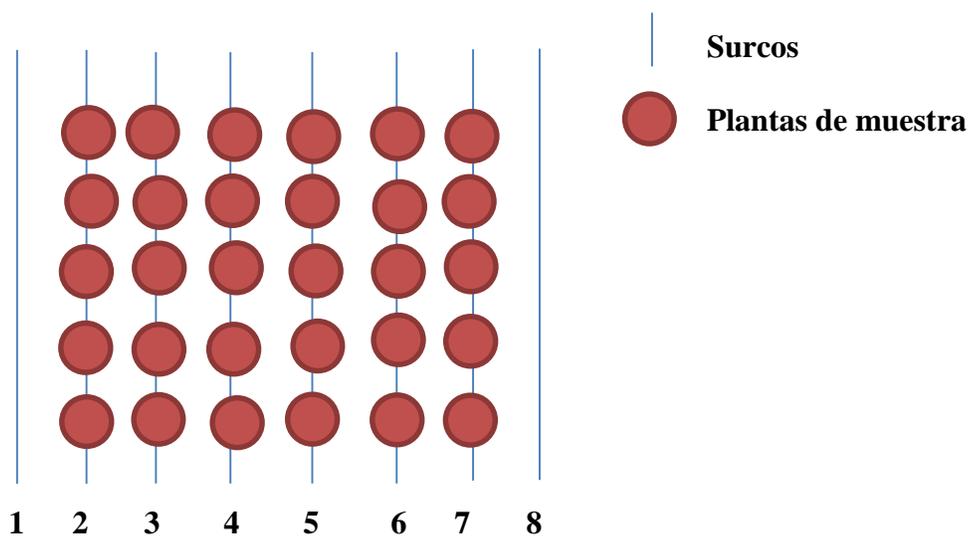


Figura 2. Ubicación de plantas usadas para toma de muestras foliares en cada bloque.

## Variables determinadas

Las variables determinadas fueron: altura de la planta hasta el punto de quiebre de la caña, diámetro del tallo tomado en el centro de la planta, clorofila de las hojas, el número de tallos por metro en los días uno, 30, 60, 90, 120 y 150 después de aplicación. En los surcos dos, cuatro y seis se tomaron muestras en un espacio de 30 m en cada uno de los surcos, dentro de estos 30 m se tomaron datos de altura, diámetro y clorofila en 15 plantas marcadas separadas cada dos metros. También se contó la población en esos 30 m. La medición de altura se hizo en los tallos ya marcados para que siempre sea el mismo tallo de donde se obtuvieron los datos. La medición de clorofila se hizo en la hoja central de la planta, se hicieron tres mediciones de clorofila en cada hoja un punto cercano al tallo, otro punto en el centro de la hoja y el último punto cerca de la punta de la hoja, luego se obtuvo un promedio de los tres puntos. En la toma de datos para la densidad se tomó el número de plantas que existen en los 30 m. Se realizó una estimación de rendimiento (t/ha) al quinto y noveno mes después de corte para obtener los rendimientos.

## Tratamientos

Programa de aplicación con Metalosate (cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de productos Metalosates.

Aplicaciones	Descripción	Dosis cc/ha
1 (90 DDC) <sup>β</sup>	Metalosate Crop up	750
	Metalosate Cobre	500
2 (120 DDC) <sup>β</sup>	Metalosate Multimineral	750
	Metalosate Boro	500

<sup>β</sup>DDC: días después de corte.

Cuadro 2. Micronutrientes que contiene cada producto.

Productos	Metalosate (%peso/peso)								
	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	S	B	Mo
Metalosate Crop up	0	0.5	0.25	1.25	0.25	2.50	2.50	0.025	0
Metalosate Multimineral	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.1
Metalosate Boro	0	0	0	0	0	0	0	5	0
Metalosate Cobre	0	0	0	0	4	0	0	0	0

Para los Metalosates Crop up y Multimineral la dosis fue de 3.5 cc por litro de agua y para los Metalosates Cobro y Boro la dosis fue de 2.5 cc por litro de agua. %Peso/peso significa que para cada elemento hay una cantidad disuelta en 100 gramos.

Programa nutrición foliar aplicado por el ingenio La Grecia (testigo relativo)  
 Ácido cítrico, Enerfol, Zinc, KCl, Mg, MAP, Solubor, Urea, Melaza, Break thru. Las cantidades de cada ingrediente de la nutrición foliar de la Grecia no pueden ser reveladas por políticas de la empresa.

Sin aplicación foliar solo edáfico (testigo absoluto).

### Diseño experimental

Bloques completos al azar, tres tratamientos con cuatro repeticiones. La distribución en el campo se hizo de acuerdo a la figura 3.

Tratamiento 3 Repetición 1	Tratamiento 2 Repetición 1	Tratamiento 1 Repetición 1	Tratamiento 2 Repetición 3	Tratamiento 1 Repetición 3	Tratamiento 3 Repetición 3	Tratamiento 1 Repetición 2	Tratamiento 3 Repetición 2	Tratamiento 2 Repetición 2	Tratamiento 1 Repetición 4	Tratamiento 2 Repetición 4	Tratamiento 3 Repetición 4
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Figura 3. Distribución de sus tratamientos y repeticiones. En el lote experimental cada tratamiento consta de ocho surcos. Lote de 250 × 200 m.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS. 2009) mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) se hizo separación de medias utilizando la prueba de Duncan con un nivel de significancia estadística de 5% ( $P \leq 0.05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Número de tallos por metro.** No hubo diferencias entre tratamientos en cada uno de los días evaluados. Al mismo tiempo, todos los tratamientos presentaron un cambio poblacional a partir del día 60 de análisis donde se redujo la población. Esto es atribuido como parte natural del desarrollo fisiológico que presenta la caña ya que la caña tiene cuatro etapas en el ciclo del cultivo que son: germinación, macollamiento, gran crecimiento y maduración. En los días uno y 30 se obtuvieron valores altos de población y fue que en ese momento la planta está en etapa de macollamiento, a partir del día 30 se obtuvieron datos de población menores y es debido que la planta está en la etapa de gran crecimiento y ahí la planta se preocupa en que el tallo primario crezca y para que esto suceda mueren algunos tallos secundarios que se originaron en la etapa de macollamiento, por lo que adición de estos dos programas foliares no tiene un impacto sobre la muerte de tallos (cuadro 3).

Cuadro 3. Número de tallos por metro del cultivo de caña de azúcar en los días uno, 30, 60, 90, 120 y 150 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Días después de aplicación					
	1	30	60	90	120	150
Metalosate	27.0 ax	26.7 ax	16.7 ay	16.2 ay	16.8 ay	16.7 ay
Foliar Grecia	25.8 ax	25.6 ax	16.5 ay	15.8 ay	16.7 ay	16.4 ay
Testigo	26.6 ax	25.7 ax	16.5 ay	15.9 ay	16.4 ay	16.4 ay
<b>C.V.<sup>Ω</sup> (%)</b>	10.14	7.16	6.86	7.11	4.76	4.47
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	36.67	39.24	11.82	13.55	11.14	7.63
<b>Pr &gt;F</b>	Ns	ns	ns	ns	ns	ns

C.V.<sup>Ω</sup>: Coeficiente de variación.

Letras a, b: diferencia estadística entre los tratamientos por día

Letras u, v, w, x, y, z: diferencia en el tiempo de cada tratamiento

ns: no significativo

**Altura de la planta.** La altura determina el crecimiento vegetativo de la planta, a través del tiempo, con cada tratamiento usado hubo diferencias en el crecimiento, lo que se traduce en aumento del crecimiento con el paso de los días ya que es el proceso natural de la planta. Solamente el tratamiento testigo presentó mayor crecimiento al día 90 y 120 del análisis, sin embargo para los días uno, 30, 60 y 150 todos los tratamientos presentaron un crecimiento permanente ( $P > 0.05$ ). Las diferencias significativas que hubo en los 90 y 120 después de aplicación se pudo deber a la falta de precipitación que hubo en este año que causo un estrés hídrico en la planta y los fertilizantes no expresaron su máximo potencial. Debido a la variabilidad de la textura del suelo es posible que las arcillas expandibles de

relación dos: uno pudieron obstruir la salida de algunos emisores del sistema de riego (cuadro 4).

Cuadro 4. Altura (cm) del cultivo de caña de azúcar en los días uno, 30, 60, 90, 120 y 150 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Días después de aplicación					
	1	30	60	90	120	150
Metalosate	66.3 az	79.2 ay	124.2 ax	168.6 bw	226.1 bv	241.8 au
Foliar Grecia	65.1 az	79.9 ay	119.2 ax	170.9 bw	229.2 bv	257.4 au
Testigo	67.7 az	81.4 ay	123.0 ax	176.6 aw	235.7 av	253.1 au
<b>C.V.<sup>Ω</sup> (%)</b>	20.86	19.99	39.97	15.36	13.18	40.12
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	4.20	5.07	1.53	12.01	13.66	1.53
<b>Pr &gt; F</b>	ns	ns	ns	*	*	ns

C.V.<sup>Ω</sup>: Coeficiente de variación.

Letras a, b: diferencia estadística entre los tratamientos por día

Letras u, v, w, x, y, z: diferencia en el tiempo de cada tratamiento

\* Significativo P<0.05

ns: no significativo

**Cantidad de clorofila en las hojas.** Todos los tratamientos presentaron diferencias a través del tiempo, teniendo a partir del día 30 hubo un incremento en la cantidad de clorofila de la hoja. Para los días 30 y 90 el testigo presentó la mayor cantidad de clorofila, sin embargo al día uno fue diferente al tratamiento foliar Grecia presentando una menor cantidad de clorofila que el tratamiento foliar Grecia, esto se pudo deber a que todos los tratamientos tienen la misma fertilización de Macro elementos vía sistema de riego y uno de los macro elementos que la planta recibió fue el nitrógeno y la cantidad de clorofila está altamente correlacionados con el contenido de nitrógeno (Novoa y Villagran 2002).

Cuadro 5. Cantidad de clorofila en las hojas unidades de clorofila del cultivo de caña de azúcar en los días uno, 30, 60 y 90 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Días después de aplicación			
	1	30	60	90
Metalosate	32.0 abx	30.2 bx	33.4 ay	33.6 by
Foliar Grecia	32.5 ay	30.7 bx	32.6 ay	32.6 by
Testigo	31.1 bx	32.8 ay	33.5 ay	35.6 az
<b>C.V.<sup>Ω</sup> (%)</b>	13.23	21.92	16.68	24.29
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	43.04	6.25	5.01	25.92
<b>Pr &gt;F</b>	*	***	ns	**

C.V.<sup>Ω</sup>: Coeficiente de variación.

Letras a, b: diferencia estadística entre los tratamientos por día

Letras u, v, w, x, y, z: diferencia en el tiempo de cada tratamiento

\* Significativo P<0.05

\*\* Muy significativo P (0.05-0.001)

\*\*\* Altamente significativo P<0.001

ns: no significativo

**Diámetro del tallo.** No hubo diferencias entre tratamientos a partir del día 90, atribuido a que la planta tiende a ocupar parte de sus nutrientes en el desarrollo fisiológico sin considerar un ensanchamiento en sus hojas, por lo que aplicar los foliares no hubo ningún efecto sobre el diámetro de la planta a partir de éste día. El tratamiento testigo presentó menor diámetro al día 60 en comparación al que contenía foliar Grecia. Todos los tratamientos presentaron un incremento en el diámetro del día 120 al día 150 lo cual es normal debido a que la planta cuando está en la etapa de gran crecimiento primero se preocupa más por crecer en altura y luego que la planta ya llega a cierto crecimiento, la planta se preocupa más por engrosar los tallos. La uniformidad de la medida del tallo se pudo deber a la forma de medición (cuadro 6).

Cuadro 6. Diámetro de los tallos (cm) del cultivo de caña de azúcar en los días 60, 90, 120 y 150 después de aplicación fertilizante foliares en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Días			
	60	90	120	150
Metalosate	2.5 abx	2.5 ax	2.5 ax	2.6 ay
Foliar Grecia	2.5 ax	2.5 ax	2.5 ax	2.6 ay
Testigo	2.5 bx	2.5 ax	2.5 ax	2.6 ay
<b>C.V.<sup>Ω</sup> (%)</b>	11.13	11.03	11.60	11.65
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	1.39	0.9833	5.24	0.91
<b>Pr &gt;F</b>	*	Ns	ns	ns

C.V.<sup>Ω</sup>: Coeficiente de variación.

Letras a, b: diferencia estadística entre los tratamientos por día

Letras u, v, w, x, y, z: diferencia en el tiempo en cada tratamiento

\* Significativo P<0.05

ns: no significativo

**Rendimiento.** No hubo diferencias entre tratamientos para cada uno de los meses evaluados, estos rendimientos se obtuvieron en un estimado que se hizo al quinto y noveno mes (cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento de toneladas de caña por hectárea al quinto y noveno mes en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Toneladas de caña por hectárea	
	5° mes	9° mes
Metalosate	84.0 a	95.4 a
Foliar Grecia	84.8 a	99.5 a
Testigo	83.1 a	92.2 a
<b>C.V.<sup>Ω</sup> (%)</b>	18.09	32.80
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	0.33	2.54
<b>Pr &gt;F</b>	Ns	ns

C.V.<sup>Ω</sup>: Coeficiente de variación.

Letras a, b: diferencia estadística entre los tratamientos por día

ns: no significativo

**Contenido nutricional de las muestras foliares.** Para los elementos magnesio (Mg) hubo diferencias significativas en las muestras foliares siendo el tratamiento Metalosate diferente a los otros tratamientos, en el caso del magnesio esto se pudo deber a que el fertilizante foliar Grecia tiene como ingredientes en su fórmula Mg y pudiera ser que la cantidad de este ingrediente en el fertilizante sea mayor comparado a los otros tratamientos. En los tres tratamientos los elementos fosforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe) y boro (B) se encuentran dentro del rango óptimo, mientras que los elementos nitrógeno (N), potasio (K), manganeso (Mn) y zinc (Zn) están deficientes (Benton *et al* 1991). Para el elemento cobre (Cu) solo el tratamiento foliar Grecia está en su rango óptimo y los tratamientos Metalosate y testigo se encuentran deficientes (cuadro 8).

Cuadro 8. Contenido nutricional de las muestras foliares de caña de azúcar al cuarto mes después de corte variedad CP722086 en el lote 3003814 de la Finca Santa Elena del Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	Macro (%)						Micro mg.kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Metalosate	1.5 a	0.2 a	0.7 a	0.3 a	0.1 ab	0.2 a	4.8 b	62.3 a	17.5 a	13.0 a	6.5 a
Foliar Grecia	1.4 a	0.2 a	0.7 a	0.3 a	0.1 a	0.2 a	12.8 a	63.5 a	20.8 a	10.8 a	5.0 a
Testigo	1.4 a	0.2 a	0.7 a	0.3 a	0.1 b	0.2 a	4.5 b	53.0 a	18.8 a	11.3 a	5.3 a
Rango óptimo	2.0-2.6	0.18-0.3	1.1-1.8	0.2-0.5	0.1-0.35	0.14-0.2	5-15	40-250	25-400	20-100	4-30
<b>CV<sup>Ω</sup> (%)</b>	4.87	2.28	7.48	4.14	5.62	26.43	102.63	11.88	10.92	27.29	33.37
<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	56.03	88.39	39.34	84.38	81.03	32.54	50.22	62.9	77.72	39.57	22.6
<b>Pr &gt;F</b>	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

CV<sup>Ω</sup>: Coeficiente de variación.

Letras a, b: diferencia estadística entre los tratamientos por día

\* Significativo P<0.05

ns: no significativo

#### **4. CONCLUSIONES**

- La aplicación de los micro nutrientes con las fórmulas aplicadas por el Ingenio La Grecia y el Metalosate no tuvieron diferencia significativa en rendimiento, respecto al testigo.
- La aplicación de los productos Metalosates y el foliar aplicado por el Ingenio La Grecia no demuestran ninguna diferencia significativa en el contenido de micro nutrientes en las hojas, pero si para el macro nutriente magnesio.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Replicar este experimento en un lote donde mayor parte del suelo sea uniforme y no tenga una variabilidad de arcillas que pueden influir al momento del riego de la caña y no obstruya el paso del agua por los emisores haciendo que los fertilizantes no expresen su mayor potencial.
- Hacer una evaluación real del rendimiento (t/ha, kg azúcar/t caña) ya cosechado el experimento para ver los diferentes valores que se pueden obtener al aplicar estos programas foliares.
- Continuar con las evaluaciones en las plantaciones bajo diferentes tipos/sistemas de riego.
- Continuar con las evaluaciones en las plantaciones bajo diferentes variedades de caña, para determinar la respuesta varietal a estos tratamientos foliares.
- Hacer un análisis de suelo para ver la condición y contenido nutricional del mismo y comprobar el análisis antes y después del experimento.
- La medición del diámetro del tallo sea en la base o un canuto arriba del nivel del suelo para observar diferencias del crecimiento de los tallos.

## 6. LITERATURA CITADA

Benton, J., Jr. Jones y H. A. Mills. 1991. Plant analysis handbook II. Micro Macro publishing, INC. p. 189.

BR Global. 2006. Importancia de los micronutrientes. Consultado el 19 de junio del 2015. Disponible en <http://www.brglimited.com/download/MicroNutrientes.pdf>

CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). 2004. Efecto de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca. Santiago de Cali. Consultado el 13 de junio del 2015. Disponible en [http://www.cenicana.org/pdf/no\\_clasificacion/5921.pdf](http://www.cenicana.org/pdf/no_clasificacion/5921.pdf)

CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). 1995. El cultivo de la Caña en la zona Azucarera de Colombia. Cassalet, C., J. Torres, y C. Isaacs, (eds.). Cali, Colombia. p. 153-175.

Ferraris, G. sf. Micronutrientes en cultivos extensivos. Necesidad actual o tecnología para el futuro?. Consultado el 14 de junio de 2015. Disponible en <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/559.pdf>

Kirkby, E. y V. Römheld, 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Consultado el 19 de junio de 2015. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3FA84D0333FEDEAA852579A0006BF733/\\$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiolog%C3%ADa%20de%20las%20Plantas.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3FA84D0333FEDEAA852579A0006BF733/$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiolog%C3%ADa%20de%20las%20Plantas.pdf)

Metalosate. 2008. Noticias de nutrición vegetal. San salvador, El salvador. 23 p.

Mukherjee, K. L. 1969. Composición de los micro elementos en las hojas de caña de azúcar durante su crecimiento y senescencia. J. Indian Botanical Society. XLVIII:180-184.

Novoa, S. A., y A. Villagran, 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. Agricultura técnica, 62(1), 166-171.

Rengel M., F. Gil y J. Montaña. 2011. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. II. Micronutrientes. Consultado el 30 de julio de 2015. Disponible en <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev23%282%29/9.%20Crecimiento%20y%20din%C3%A1mica%20de%20acumulaci%C3%B3n%20de%20nutrientes.pdf>

Tisdale, S. L. y W. L. Nelson.1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México DF, México. p. 594-596