

**Evaluación del Impacto de Cuatro Programas
de Fertilización en el Crecimiento Vegetativo
de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*),
en la Azucarera Choluteca, Choluteca,
Honduras**

**Jose Daniel Castellanos Rojas
Francisco Javier Gutierrez Rodriguez**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARÍA

**Evaluación del Impacto de Cuatro Programas
de Fertilización en el Crecimiento Vegetativo
de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*),
en la Azucarera Choluteca, Choluteca,
Honduras**

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

Presentado por:

**Jose Daniel Castellanos Rojas
Francisco Javier Gutierrez Rodriguez**

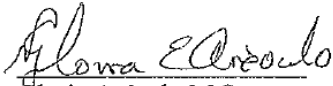
Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012


Evaluación del Impacto de Cuatro Programas de Fertilización en el Crecimiento Vegetativo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en la Azucarera Choluteca, Choluteca, Honduras


Presentado por:

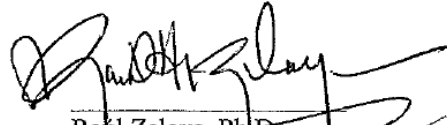
Jose Daniel Castellanos Rojas
Francisco Javier Gutierrez Rodriguez

Aprobado:


Gloria Arévalo M.Sc.
Asesor principal


Abel Gephart, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria


Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor


Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Castellanos Rojas, J.D. y F.J. Gutiérrez Rodríguez. 2012. Evaluación del Impacto de Cuatro Programas de Fertilización en el Crecimiento Vegetativo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la Azucarera Choluteca, Choluteca, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 22 p.

El cultivo de caña de azúcar ha mostrado un aumento en importancia en Honduras, tanto en producción como en área cosechada. La empresa Azucarera Choluteca S.A de C.V ubicada en el municipio de Marcovia, Departamento de Choluteca, Honduras tiene más de 46 años de funcionamiento en el rubro de la producción de azúcar blanca refinada. Este experimento consistió en comparar cuatro programas de fertilización, siendo este la primera de dos fases del estudio. En esta primera fase se analizaron las variables agronómicas de diámetro, crecimiento acumulado en altura de tallo, crecimiento acumulado en número de entrenudos, y se estimó la producción a cosecha. Se realizó un muestreo foliar en la hoja número tres a la semana 24 después de siembra para determinar la concentración de nutrientes. El estudio se realizó entre los meses de Marzo a Septiembre del año 2012, en la variedad MEX 79-431. Los tratamientos fueron las fórmulas 106-35-69-0-1-S30-Zn1 y 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (kg/ha) aplicadas en la semana 10 después de siembra o fraccionada a la semana 10 y 14. El diseño experimental fue en Bloques Completamente al Azar (BCA), establecidos en tres lotes, cada uno con texturas diferentes, suelo franco arcillo limoso (La Tigra 5), suelos de textura arcillosa (Rancho Alegre 50) y con suelos franco limosos (Semilleros 12). En diámetro, crecimiento acumulado de altura de tallo, crecimiento acumulado de número de entrenudos y contenido de nutrientes en la hoja hubo diferencias entre tratamientos en algunas semanas, pero no se obtuvo una tendencia que defina un tratamiento con medias más altas en cada una de las variables. Hubo diferencias en producción estimada al comparar suelos con texturas diferentes, siendo mayor el estimado en las texturas franco limosos y menor en suelos arcillosos.

Palabras clave: Fertilizante, fraccionamiento, textura.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen	iv
Contenido.....	v
Índice de cuadros, figuras y anexos	vi
1 INTRODUCCIÓN.....	8
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4 CONCLUSIONES	26
5 RECOMENDACIONES	27
6 LITERATURA CITADA.....	28

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Composición de los fertilizantes usados en cada fórmula aplicada en tres suelos en la Azucarera Choluteca, Marcovia, Choluteca, Honduras.....	13
2. Cantidad de cada nutriente aportado en las fórmulas de fertilización aplicadas.	13
3. Características químicas de los suelos de las fincas Semilleros 12, Tigra 50 y Rancho Alegre 50.	16
4. Características físicas y morfológicas de suelos de las fincas Semilleros 12, Tigra 5 y Rancho Alegre 50, en las parcelas experimentales en la Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.	17
5. Crecimiento acumulado de altura de tallo a partir de semana 11 después de siembra en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos franco limosos (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.....	18
6. Crecimiento acumulado de altura de tallo a partir de la semana 11 después de siembra en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos franco arcillo limosos (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.....	18
7. Crecimiento acumulado de altura de tallo a partir de semana 11 después de siembra en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura arcillosa (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.	19
8. Diámetro promedio de tallo en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelo con textura franco limosa (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.....	19
9. Diámetro promedio de tallo en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco arcillo limoso (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.....	20
10. Diámetro promedio de tallo en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura Arcilloso (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.	20
11. Crecimiento acumulado de número de entrenudos a partir de la semana 13 en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura Franco Limoso (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.....	21
12. Crecimiento acumulado de número de entrenudos a partir de la semana 13 en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de	

13.	fertilización, en suelos con textura franco arcillo limosa (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.....	21
14.	Crecimiento acumulado en número de entrenudos a partir de la semana 13 en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco arcillosa (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia,	22
15.	Estimado de producción a cosecha de caña de azúcar (t/ha) en la semana 25 del cultivo, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con diferentes clases texturales, Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.....	23
16.	Concentración de nutrientes en la tercera hoja de caña de azúcar en la semana 24 después de siembra, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco limosa (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.	23
17.	Concentración de nutrientes en la tercera hoja de caña de azúcar en la semana 24, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco arcillo limosa (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.	24
18.	Concentración de nutrientes en la tercera hoja de caña de azúcar en la semana 24, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura arcillosa (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.	24

Figuras

Página

1.	Ubicación de los las fincas y los lotes donde se realizó el estudio, durante los meses de Marzo a Septiembre en la Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras. ..	10
2.	Distribución de las lluvias en los meses de Marzo a Agosto del 2012 registradas en los pluviómetros de La Azucarera Choluteca, Choluteca, Honduras.....	11

1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es cultivada por más de 100 países en más de 20 millones de hectáreas en el mundo, en donde se producen 1,300 millones de toneladas de caña, (D'Hont *et al.* 2008).

Según las estimaciones más recientes de la FAO, la producción mundial de azúcar podría alcanzar los 173,1 millones de toneladas en 2011/12, lo que representa un incremento del 4,1 por ciento con respecto a la campaña 2010/11, (FAO 2011).

Hoy día la agroindustria azucarera de Honduras está conformada por siete ingenios y 10,000 familias de productores independientes, con sus áreas agrícolas distribuidas en un 68% en la zona noroccidental, 24% en la zona sur, y 8% en la zona central; produciendo nueve millones de quintales de azúcar en la recién finalizada zafra 2009-2010. Se cuenta aproximadamente con 65,000 manzanas de caña de las cuales el 55% pertenece a la Industria y el 45% pertenece a productores independientes, (SAG 2010).

El empleo generado por la agroindustria azucarera hondureña beneficia directa e indirectamente a unos 16,000 corteros y hasta 200,000 sumando los indirectos. Solo la zona sur tiene un potencial, con un 40% de la producción de caña y generación de 5,000 empleos, (La Tribuna 2012).

La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas y al género *Saccharum*., en el cual existen seis especies: *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. barberi*, *S. sinense*, *S. edule* y *S. officinarum*. Los clones comerciales de caña de azúcar son derivados de las combinaciones entre las seis especies anteriores, predominando las características de *S. officinarum* como productora de azúcar, (MAG 1991).

Las condiciones climáticas que requiere *S. officinarum* para un óptimo desarrollo y altas producciones consisten en temperaturas altas, dependiendo de la etapa fisiológica en que se encuentre (germinación entre 32 y 38°C, macollamiento 32°C y maduración alrededor de 27°C) acompañadas de una precipitación de 1500 mm distribuidos en todo el año, teniendo en cuenta que durante el crecimiento vegetativo se requiere la mayor cantidad de agua, al contrario que en la etapa de maduración, donde el requerimiento hídrico se reduce, con el fin de obtener niveles altos de concentración de sacarosa, (MAG 1991).

El potasio es uno de los tres macronutrientes y es absorbido en grandes cantidades por las plantas. Tiene diversas funciones tales como; mantener la capa citoplasmática externa en las células de la raíz, para una óptima absorción de agua, en las hojas, retarda la

transpiración y ejerce una marcada influencia sobre la economía del agua, haciéndola mas resistente a sequias y a las heladas, en el crecimiento de la planta, el potasio frena, equilibra, soporta y suplementa otros nutrientes esenciales, (TOA 2005).

Los suelos pueden contener de 18,000 a 27,000 kilogramos de potasio por hectárea. Alrededor de 90 a 98% del potasio existe en los minerales primarios y no puede ser utilizado por los cultivos. De 1 a 10% esta atrapado en la estructura en rejilla de las arcillas de expansión y solo esta disponible en grado mínimo. Entre 1 y 2% está contenido en la solución de suelo y en sitios de intercambio, donde se halla fácilmente disponible para las plantas, (California Plant Health Association 2004).

Las plantas que producen carbohidratos en grandes cantidades presentan una demanda alta de potasio. Ejemplos de esta clase de plantas son papa, uva, naranja y remolacha azucarera (California Plant Health Association 2004), en esta misma condición se encuentra la caña de azúcar, debido a su etapa de fijación de azúcares.

La empresa Azucarera Choluteca, es una empresa establecida en el sur de Honduras, en el departamento de Choluteca. Empresa fundada en el año de 1966 con el fin de producir azúcar blanca. En la actualidad la empresa cuenta con 4410 hectáreas de tierra propias destinadas al cultivo de caña de azúcar y 2240 hectáreas de productores independientes a las que la empresa brinda asistencia técnica. En la última zafra se cosecharon más de un millón de quintales de azúcar blanca refinada, estos fueron distribuidos en su mayoría al mercado nacional.¹

El estudio consistió en evaluar cuatro programas de fertilización de caña de azúcar en la empresa Azucarera Choluteca en Choluteca, Honduras, esta investigación surgió debido a la coincidencia de un desbalance de potasio, representado en los análisis de suelos elaborados por la FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) y el laboratorio de suelos de Zamorano.

Los objetivos del estudio realizado fueron:

- Determinar el efecto de cuatro programas de fertilización en las variables crecimiento acumulado de altura de tallo y número de entrenudos, diámetro promedio, cantidad de nutrientes en la hoja y estimado de producción a cosecha de la caña de azúcar en Choluteca.
- Determinar la respuesta del cultivo a los cuatro programas de fertilización según la textura del suelo.

¹Gutierrez, F. 2012. Fundación y expansión de la empresa. Azucarera Choluteca S.A. de C.V. Comunicación Personal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. La investigación se realizó en la empresa Azucarera Choluteca S.A. de C.V. en tres fincas (la Tigra, Rancho Alegre y Semilleros) en los lotes 5, 50 y 12 respectivamente, la empresa está ubicada a 15 kilómetros de Choluteca, en el municipio de Marcovia, Departamento de Choluteca, Honduras (Figura 1).

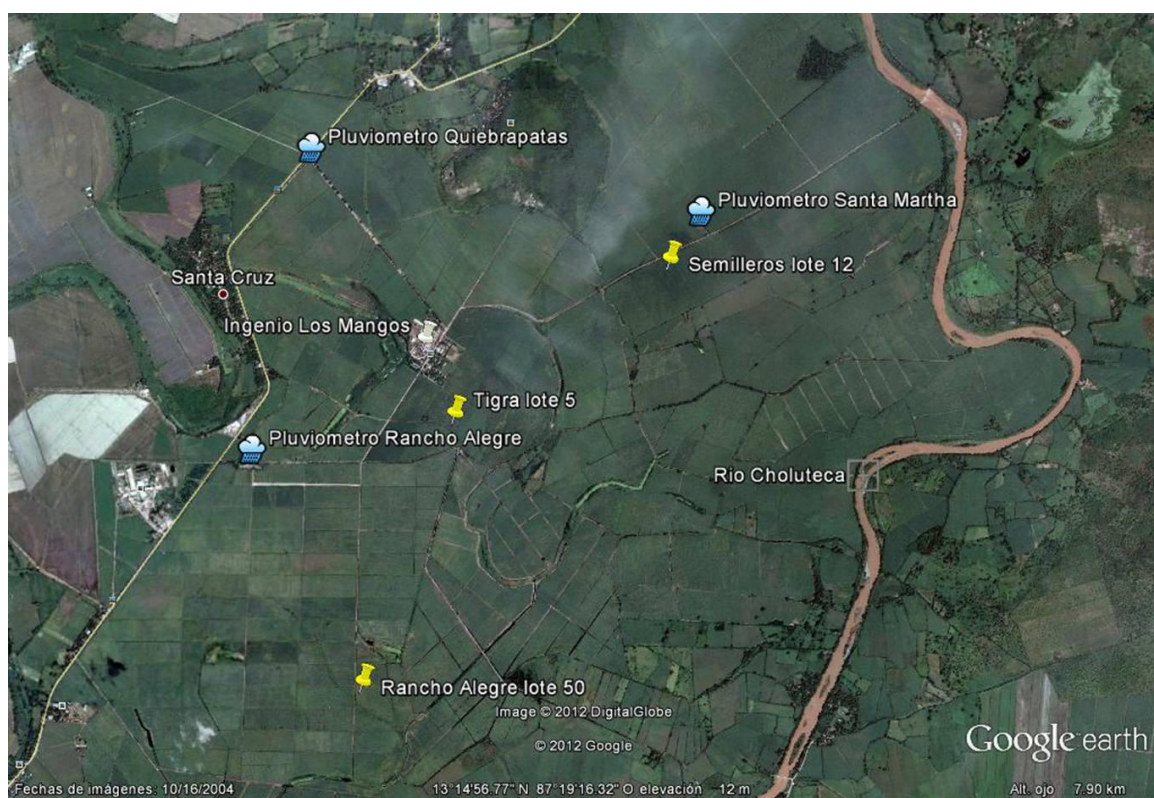


Figura 1. Ubicación de las fincas y los lotes donde se realizó el estudio, durante los meses de Marzo a Septiembre en la Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Descripción de la zona de estudio: Geomorfología. Planicie Aluvial Activa, con un relieve plano con una pendiente de 0-1% de este a oeste, a una elevación de 15 msnm.

Clima. Las condiciones climáticas de esta zona son óptimas para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, ya que la temperatura media anual registrada en el año 2011 fue de 29.5°C, con temperatura máxima media anual de 34.7°C y mínima media anual de

23.6°C. Durante el experimento, los registros de precipitación reportan hasta el 30 de Agosto/12, un promedio de 1215.82 milímetros de precipitación en tres estaciones.

La distribución de las lluvias indica la precipitación (mm) mensual registrada durante el estudio (Figura 2), los datos expresados en la figura fueron recolectados en los pluviómetros más cercanos a cada uno de los ensayos (Figura 1), siendo Rancho Alegre para Rancho Alegre 50, Quebrapatas para Tigr 5 y Santa Martha para Semilleros 12.

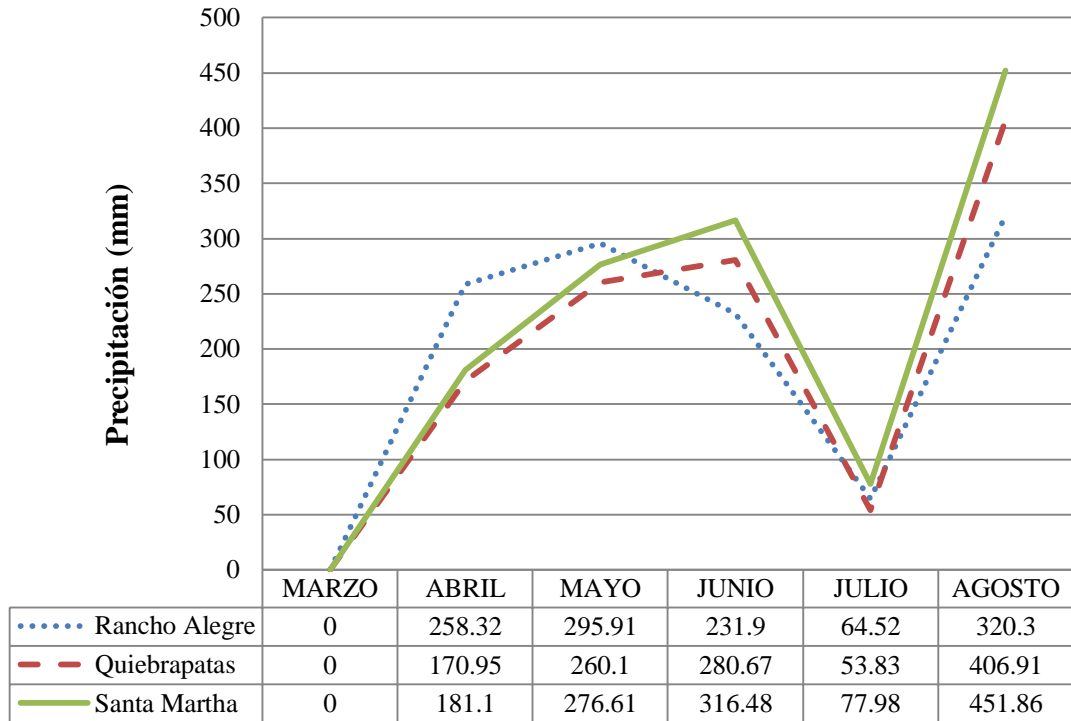


Figura 2. Distribución de las lluvias en los meses de Marzo a Agosto del 2012 registradas en los pluviómetros de La Azucarera Choluteca, Choluteca, Honduras.

Materiales

- 216 kg de fertilizante 18-46-0.
- 251 kg de fertilizante 25-8-13-0-4-0.5-0.8
- 502 kg de Fertilizante 18.9-6.3-15.75-4.73 Mg- 3.94 S- 1.58 Zn- .63 B
- 864 Manojos de 30 esquejes de cañas de 60 cm.
- Cinta Métrica
- Pie de Rey
- Balanza.

Métodos: Caracterización de suelos y cultivo: Física de Suelos. Se realizó una calicata por cada finca, donde se determinaron las siguientes propiedades morfológicas y físicas: número de horizontes, profundidad, color (determinadas con tabla Munsell), textura, estructura, consistencia, resistencia a la penetración (penetrómetro de bolsillo), poros, raíces y límites entre horizontes, (FAO 2009).

Químico de suelos. Se realizaron tres muestreos de suelos, uno por cada finca, recolectando submuestras a una profundidad de 0-20 cm. Estas muestras fueron sometidas a análisis químico en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana donde se determinaron las siguientes características químicas: potasio, calcio, magnesio, sodio intercambiable, cobre, hierro, manganeso y zinc extraídos con solución extractora Mehlich 3 determinados por espectrofotometría de absorción atómica; fósforo: solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría; % de materia orgánica: método de Walkley & Black; % N total: 5% de materia orgánica; pH: relación suelo: agua; 1:1; boro, azufre: solución extractora fosfato de calcio, determinados por colorimetría; textura: método de Bouyoucus, (Arévalo y Gauggel 2011).

Foliar. Se realizó un muestreo foliar, el tres de septiembre, que corresponde a la semana 24 del cultivo, donde se escogió la hoja número tres (desde la parte superior) (Benton & Jones *et al.* 1991), en diez plantas en cada repetición, las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos de Zamorano evaluando los siguientes nutrientes con los siguientes métodos de extracción N extraído por el Método de Kjeldahl; K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn por digestión húmeda con H_2SO_4 y H_2O_2 , determinados por absorción atómica; P por digestión húmeda con H_2SO_4 y H_2O_2 , determinado por espectrofotometría (colorimetría); B, S por digestión seca con $MgNO_3$, determinados por espectrofotometría (colorimetría) (Arévalo y Gauggel 2011).

Manejo del Cultivo. El estudio se realizó en tres lotes que representan la variabilidad de suelos de las fincas de La Azucarera Choluteca (Semilleros 12, Tigra 5 y Rancho Alegre 50), las fincas se identificaron con suelos franco limosos, franco arcillo limosos y arcillosos, respectivamente.

Una vez seleccionadas las áreas del ensayo, se procedió a la preparación del suelo, con mecanización convencional, que incluyó; un pase de rastra para el borrado de cepa de la plantación anterior, un pase de arado de 36 pulgadas y un pase de rastra pesada para destruir los terrones. Los surcos para siembra se espaciaron cada 1.6 metros.

La siembra se realizó el 19, 20 y 22 de marzo del 2012 en Tigra 5, Rancho Alegre 50 y semilleros 12, respectivamente.

La densidad de siembra que se utilizó es de 112,500 yemas por hectárea, variedad MEX 79-431, sembrando 18 yemas por metro de surco. Se sembró, utilizando dos esquejes de caña de 60 cm por sitio. Se utilizó semilla del mismo lote cortada un día antes de la siembra. Al momento de la siembra se realizó la fertilización fosfórica, la cual se aplicó

en el fondo del surco con fosfato diamónico (18-46-0) a una dosis de 194.8 kg/ha, sobre él se sembraron los esquejes de caña de azúcar. El sistema de riego fue aspersión, se aplicó al día siguiente de la siembra 86.32 mm para estimular la germinación.

Para el control de malezas se realizó la aplicación de herbicidas pre-emergentes (Hexazinona, 2-4D, Diuron, Glufosinato de Amonio y Terbutrina), a partir del momento de emergencia todos los controles se realizaron de manera manual.

Fertilización. En la semana 10 de edad del cultivo, se realizó la primera y única fertilización para dos de los cuatro tratamientos y la primera de los dos tratamientos restantes (aplicando el 50% de la recomendación). En la semana 14, se realizó la segunda aplicación en los tratamientos fraccionados (50 por ciento).

Para aplicar las dosis recomendadas se aplicaron 909 kg/ha de la fórmula 18.9-6.3 15.75-4.73-3.94-1.58-0.63 como alterna y 454.54 kg/ha de la fórmula 25-8-13-4-0.5-0.8 como convencional, (Cuadro 1) y la cantidad de nutriente aportado en cada caso corresponde a las fórmulas 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 y 106-35-69-0-1-S30-Zn1, (Cuadro 2).

Cuadro 1. Composición de los fertilizantes usados en cada fórmula aplicada en tres suelos en la Azucarera Choluteca, Marcovia, Choluteca, Honduras.

Fertilizantes	%						
	N	P	K	Mg	S	Zn	B
Fórmula Alterna	18.9	6.3	15.75	4.73	3.94	1.58	0.63
Fórmula Convencional	25	8	13	4	0.5	0.8	

Cuadro 2. Cantidad de cada nutriente aportado en las fórmulas de fertilización.

Fórmulas	kg/ha						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	Zn	B
Fórmula Alterna	171	45	152	45	97	21	4
Fórmula Convencional	106	35	69	0	30	1	

La fertilización se realizó manualmente, en banda y se cubrió de suelo con azadones para evitar pérdidas por volatilización y escorrentía. Las fertilizaciones se realizaron en épocas de lluvias frecuentes.

Variables determinadas: Agronómicas. Las variables agronómicas de crecimiento acumulado de altura de tallo, número de entrenudos y diámetro promedio, se midieron cada dos semanas.

Crecimiento acumulado de altura de tallo: Se midió la altura desde el suelo hasta la última lígula visible y se determinó el crecimiento acumulado con base en primera medición.

Crecimiento acumulado de número de entrenudos: Se realizaron conteos de los entrenudos visibles y se determinó el crecimiento acumulado con base en primera medición

Diámetro promedio de los tallos: Se promediaron los diámetros de tres entrenudos (basal, medio y apical).

Cantidad de nutrientes en las hojas: En la semana 24 se realizó un análisis foliar para determinar la absorción de los nutrientes del suelo.

Estimación de producción a cosecha: Se cortaron 10 tallos al azar en cada unidad experimental, se pesaron, se promedió entre repeticiones y se tuvo en cuenta una densidad de 112,500 tallos/ha a cosecha.

Tratamientos. Los tratamientos consistieron en dos formulaciones de fertilización para el cultivo de caña de azúcar, en dos formas de aplicación, los cuales fueron:

- 1) Fórmula Convencional 106-35-69-0-1-S30-Zn1 (kg/ha), en una aplicación a las 10 semanas después de siembra.
- 2) Fórmula Convencional 106-35-69-0-1-S30-Zn1 (kg/ha), en dos aplicaciones a la semana 10 y 14 después de siembra.
- 3) Fórmula Alterna 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (kg/ha), en una aplicación a las 10 semanas después de siembra.
- 4) Fórmula Alterna 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (kg/ha), en dos aplicaciones a la semana 10 y 14 después de siembra.

Diseño Experimental. El diseño fue en Bloques Completamente al Azar, (BCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones por bloque, en tres bloques (fincas). Cada unidad experimental mide 19.2 m (12 surcos espaciados a 1.6 m) × 12 m (largo del surco), equivalente a 307.2 m², donde el área de muestreo corresponde a 96 m². En total se establecieron 12 unidades experimentales por cada finca.

Los tratamientos de las parcelas fueron asignados al azar. Entre cada parcela se dejaron dos surcos sin caña sembrada que sirven para división de las parcelas y que tienen como segunda función facilitar la cosecha. Dentro de las unidades experimentales se dejaron tres surcos en cada costado sin evaluar para evitar el efecto borde. Se dejaron tres metros sin evaluar al inicio y al final de cada surco con el mismo objetivo y entre cada unidad experimental dos metros de espacio para evitar el cierre completo del cultivo. Total de área muestreada de 3456 m².

Análisis Estadístico. Se utilizó el programa estadístico “Statistical Analysis System” versión 9.1 (SAS[®]) con el que se realizó una separación de medias con la prueba de Duncan.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del suelo: Caracterización Física. Se encontraron suelos con profundidades de 80 a 100 cm o mayores, con colores oscuros con matices entre 2 y 3 que representan contenidos de materia orgánica de 1.59 a 3% (FAO 2009). La textura predominante es franco arcillosa en la mayoría de los horizontes. En los primeros horizontes destacan las estructuras de bloques subangulares y bloques angulares, en los horizontes inferiores estructuras prismáticas de tamaños medios con un grado débil, lo que indica que son suelos jóvenes por ser parte de una planicie aluvial activa. La resistencia a la penetración fue baja excepto en el segundo horizonte de la finca Semilleros 12 un valor mayor de 2 kg/cm².

Se encontró la presencia de poros tubulares en todos los horizontes los cuales benefician la aireación del suelo y el movimiento de agua. La cantidad de raíces en todos los horizontes fue baja, a razón de que el suelo recientemente había sido preparado, (Cuadro 4).

Condición Química. Las texturas para cada tipo de suelo fueron; franco arcillo limoso en Tigra 5, arcilloso en Rancho Alegre 50, y franco limoso en Semilleros 12, con pH de 6.69 en La Tigra 5, 6.24 en Rancho Alegre, y 7.26 en Semilleros 12. La materia orgánica se encuentra dentro de los niveles normales (2-4%), en general se obtuvo valores bajos para N, S y B, además valores altos en P Cu, Fe y Mn, (Cuadro 3), (Arévalo y Gauggel 2011).

Cuadro 3. Características químicas de los suelos de las fincas Semilleros 12, Tigra 50 y Rancho Alegre 50.

Finca	Textura	%			pH	%		mg/kg (extractable)										
		Arena	Limo	Arcilla	(H ₂ O)	M.O.	N _{total}	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Tigra 5	Franco Arcillo Limoso	20	46	34	6.69	2.55	0.13	32	228	4400	580	185	15	6.2	265	254	4.7	0.0
Rancho Alegre 50	Arcilloso	18	40	42	6.24	2.39	0.12	76	496	4460	640	95	7	5.9	325	246	3.7	0.1
Semilleros 12	Franco Limoso	12	66	22	7.26	1.59	0.08	30	218	4760	500	168	21	5.7	330	282	6.5	0.1

Cuadro 4. Características físicas y morfológicas de suelos de las fincas Semilleros 12, Tigra 5 y Rancho Alegre 50, en las parcelas experimentales en la Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Finca	Ho ¹	Prof (cm)	Color	Textura	Estructura			C.H	C.M	RP (kg/cm ²)	Poros			Raíces		Limite	
					Tipo	Grado	Clase				Tam	For	Cant	Tam	Cant	Top	Nit
Tigra 5	Ap	0-28	10YR 2/2 Pardo Muy Oscuro	FArL	BSa	D	M	F	lpg, pl	0.45	TT	V y T	m	Fn, M	Po	Pla	Di
	2C ₁	28-63	5YR 2.5/2 Negro	FAr	P	D	M	MF	pg, lp	1.5	TT	T	m	M	Po	Pla	Gr
	2C ₂	63-79	5YR 2.5/2 Pardo Rojizo Oscuro	FAr	P	D	M	F	lpg,pl	1.35	TT	T	m	Fn	Po	Pla	Di
	C ₃	79-101+	7.5YR 3/3 Pardo Oscuro	FAr	P	D	M	F	mpg, mpl	1.25	TT	V y T	m		A		
Rancho Alegre 50	Ap	0-34	5YR 3/1 Gris Muy Oscuro	Ar	BSa	D	M	MF	mpg, mpl	0.75	TT	T	Fr	mf	Fr	O	Gr
	2A	34-67	2.5YR 2.5/1 Negro	FAr	P	D	M	MF	mpg, mpl	1.5	TT	T	m	Fn	Po	Pla	Gr
	C	67-97+	7.5YR 3/4 Pardo Oscuro	FAr	P	F	G	F	pg, lp	1.65	TT	T	m	Fn	Fr		
Semilleros 12	Ap	0-42	10YR 3/2 Pardo Grisaceo muy Oscuro	FL	BA	D	M	MF	lpg	0.5	Fn	V	Fr	TT	F	Pla	Ab
	C	42-88+	10YR 4/3 Pardo	Ar	P	Mo	mf	MF	pg, lp	2.8	TT	T	Fr	TT	F		

¹Ho:Horizonte. Prof: Profundidad. Textura; FArL: Franco Arcillo Limoso, FAr: Franco Arcilloso, Ar: Arcilloso, FL: Franco Limoso. Estructura; Tipo; Bsa: Bloques Subangulares, P: Prismatica, BA: Bloques Angulares, Grado; D: Debil, Mo: Moderado, F: Firme. Clase; M: Medianos, G: Gruesos, mf: muy fino. C.H: Consistencia en humedo; F: Friable, MF: Muy Friable. C.M: Consistencia en mojado; lpg: ligeramente pegajoso, pl: plastico, pg: pegajoso, lp: ligeramente pegajoso, mpg: muy pegajoso, mpl: muy plastico. RP: Resistencia a la Penetración. Tam: tamaño; TT: Todos los Tamaños, Fn: Finos, For: Forma; V: Vesiculares, T: tubulares, Cant: Cantidad, m: muchos, Fr: Frecuentes. Raíces; Tam: Tamaño; Fn: Finas, M: Medianas, mf: muy finas, Cant: Cantidad; Po: Pocas, A: Ausentes, Fr: Frecuentes. Limite; Top: Topografía; Pla: Plano, O: Ondulado, Nit: Nitidez; Gr: Gradual, Di: Difuso, Ab: Abrupto.

Variables agronómicas: Crecimiento acumulado de altura de tallo. Hay diferencias ($P<0.05$) en los suelos franco limosos (finca Semilleros 12), sin embargo en la semana 25 se igualó el crecimiento acumulado de las cuatro fórmulas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Crecimiento acumulado de altura de tallo a partir de semana 11 después de siembra en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos franco limosos (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Crecimiento en altura (cm)											
	SDS ¹	13	15	17	19	23	25					
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	50.7	a ²	74.9	a	101.6	a	119.7	a	155.5	a	170.0	a
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	48.9	ab	71.2	ab	92.0	b	116.8	ab	148.7	ab	162.9	a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	46.3	b	71.0	ab	91.3	b	112.2	b	146.4	b	162.6	a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	46.3	b	67.7	b	94.6	b	116.8	ab	153.9	a	168.9	a
Coefficiente de variación	15.9		12.6		12.5		10.9		10.7		10.4	

¹Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

En suelos franco arcillo limosos (finca Tigra 5), se presentó diferencias ($P<0.05$) a partir de la semana 19 hasta la semana 25, (Cuadro 6).

Cuadro 6. Crecimiento acumulado de altura de tallo a partir de la semana 11 después de siembra en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos franco arcillo limosos (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Crecimiento en altura (cm)													
	SDS ¹	13	15	17	19	21	23	25						
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	42.5	a ²	67.9	a	82.8	a	84.5	a	101.5	a	131.9	a	148.2	a
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	40.0	a	66.2	a	84.3	a	79.2	b	94.3	b	126.1	ab	139.4	b
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	41.1	a	66.2	a	85.3	a	84.2	a	100.2	ab	128.1	ab	144.8	ab
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	41.1	a	65.9	a	79.8	a	81.7	ab	96.5	ab	123.6	b	146.1	ab
Coefficiente de variación	15.9		12.6		12.5		10.9		12.7		10.7		10.4	

¹Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

En los suelos arcillosos (finca Rancho Alegre 50), se presentaron diferencias ($P<0.05$) en las semanas 13, 15, 19, 21. En las semanas 23 y 25 la fórmula 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones) presentó el mayor crecimiento acumulado, (Cuadro 7).

Cuadro 7. Crecimiento acumulado de altura de tallo a partir de semana 11 después de siembra en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura arcillosa (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Crecimiento en altura (cm)							
	SDS ¹	13	15	17	19	21	23	25
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	43.2 ab ²	62.8 ab	81.9 a	90.0 ab	107.0 b	132.0 b	147.6 b	
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	44.6 a	63.7 a	82.5 a	92.3 ab	109.0 b	129.4 b	145.1 b	
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	39.8 b	59.2 b	80.7 a	89.4 b	111.3 ab	132.5 b	152.0 b	
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	41.7 ab	60.6 ab	83.8 a	94.8 a	115.6 a	140.2 a	163.9 a	
Coefficiente de variación	15.9	12.6	12.5	10.9	12.7	10.7	10.4	

¹ Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

Diámetro promedio. En los suelos franco limosos (finca Semilleros 12), no se presentaron diferencias (P<0.05) en la variable diámetro, (Cuadro 8).

Cuadro 8. Diámetro promedio de tallo en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelo con textura franco limosa (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Diámetro (mm)						
	SDS ¹	13	15	17	19	23	25
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	25.5 a ²	27.6 a	27.8 a	27.2 a	26.2 a	26.2 a	
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	24.9 a	27.8 a	27.6 a	27.0 a	26.4 a	26.3 a	
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	24.9 a	27.7 a	27.4 a	26.8 a	26.0 a	26.0 a	
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	24.8 a	28.1 a	27.7 a	27.2 a	26.6 a	26.8 a	
Coefficiente de variación	9.0	12.5	6.6	6.5	6.6	27.0	

¹ Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

En el suelo con textura Franco arcillo-limosa (finca Tigra 5), no se presentaron diferencias ($P<0.05$), (Cuadro 9).

Cuadro 9. Diámetro promedio de tallo en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco arcillo limoso (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	SDS ¹	Diámetro (mm)						
		13	15	17	19	21	23	25
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)		24.9 a ²	29.7 a	27.4 a	27.1 a	26.6 a	26.6 a	26.5 a
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)		25.5 a	28.1 a	27.5 a	27.2 a	26.5 a	26.5 a	26.4 a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)		25.2 a	28.4 a	27.3 a	27.4 a	27.1 a	27.0 a	27.1 a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)		25.0 a	28.3 a	27.8 a	27.6 a	27.2 a	27.2 a	27.2 a
Coefficiente de variación		9.0	12.5	6.6	6.5	6.4	6.6	27.0

¹ Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

Las plantas en el suelo arcilloso (lote Rancho Alegre 50), presentaron diferencias ($P<0.05$) en diámetro promedio, durante las semanas 13, 17 y 23. En la semana 25 las fórmulas no presentaron diferencias, (Cuadro 10).

Cuadro 10. Diámetro promedio de tallo en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura Arcilloso (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	SDS ¹	Diámetro (mm)						
		13	15	17	19	21	23	25
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)		26.5 a ²	29.1 a	28.5 a	28.1 a	28.0 a	27.3 a	27.5 a
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)		26.1 ab	28.0 a	28.1 ab	27.6 a	27.5 a	27.3 a	27.4 a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)		25.2 b	27.6 a	27.3 b	27.2 a	27.4 a	26.0 b	27.1 a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)		25.8 ab	28.3 a	27.8 ab	27.5 a	28.0 a	27.5 a	27.4 a
Coefficiente de variación		9.0	12.5	6.6	6.5	6.4	6.6	27.0

¹ Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

Número de entrenudos. En el suelo franco limoso (finca Semilleros 12), se presentaron diferencias ($P<0.05$) en las semanas 19, 23 y 25, (Cuadro 11).

Cuadro 11. Crecimiento acumulado de número de entrenudos a partir de la semana 13 en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura Franco Limoso (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	SDS ¹	Crecimiento en número de entrenudos				
		15	17	19	23	25
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)		1.2 a ²	2.0 a	2.4 b	8.1 ab	8.0 ab
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)		1.1 a	1.8 a	2.7 ab	7.6 b	7.6 b
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)		1.4 a	1.9 a	3.0 a	7.7 b	7.7 ab
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)		1.2 a	1.9 a	2.9 a	8.4 a	8.4 a
Coficiente de variación		34.4	38.2	28.4	18.0	17.2

¹Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

En el suelo con textura franco arcillo-limosa (finca Tigra 5), se presentaron diferencias ($P<0.05$) en las semanas 23 y 25, (Cuadro 12).

Cuadro 12. Crecimiento acumulado de número de entrenudos a partir de la semana 13 en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco arcillo limosa (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	SDS ¹	Crecimiento en número de entrenudos					
		15	17	19	21	23	25
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)		1.2 a ²	2.0 a	4.2 a	4.2 a	7.1 ab	8.5 a
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)		1.2 a	2.1 a	4.2 a	4.3 a	6.7 b	7.7 ab
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)		1.2 a	2.3 a	4.5 a	4.3 a	7.6 a	8.2 ab
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)		1.3 a	2.2 a	4.3 a	4.3 a	7.1 ab	7.6 b
Coficiente de variación		34.4	38.2	28.4	23.4	18.0	17.2

¹Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

En suelo arcilloso (finca Rancho Alegre 50), se presentaron diferencias ($P<0.05$), en la semana 23, sin embargo se igualo el crecimiento acumulado en la semana 25, (Cuadro 13).

Cuadro 13. Crecimiento acumulado en número de entrenudos a partir de la semana 13 en diferentes edades del cultivo de caña de azúcar, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco arcillosa (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia,

Tratamiento	SDS ¹	Crecimiento en número de entrenudos					
		15	17	19	21	23	25
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)		1.3 a ²	1.8 a ²	3.2 a	3.5 a	6.3 a	8.2 a
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)		1.3 a	1.8 a	3.1 a	3.9 a	5.5 b	8.4 a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)		1.1 a	1.7 a	3.3 a	3.7 a	6.1 ab	8.0 a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)		1.2 a	1.7 a	3.1 a	3.6 a	5.8 ab	8.6 a
Coficiente de variación		34.4	38.2	28.4	23.4	18.0	17.2

¹ Semanas Después de Siembra.

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

Hay una estrecha relación entre crecimiento y disponibilidad de agua, ya que la disminución en crecimiento acumulado en altura y aumento en el crecimiento acumulado en número de entrenudos ocurrido a partir de la semana 17 después de siembra, coincide con la disminución de las lluvias, este efecto de la planta se atribuye al estrés hídrico al que fueron sometidas.

Estimado de producción a cosecha. No hubo diferencias ($P<0.05$) entre los tratamientos en cada una de las fincas, sin embargo se encontraron diferencias significativas entre suelos. En textura franco limosa, y franco arcillo limosa no hay diferencias, excepto en la fórmula 106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones) que presenta una mayor estimación de producción a cosecha en los suelos franco limosos. En el suelo arcilloso hubo diferencias, siendo más bajas que los suelos franco limosos y franco arcillo-limosos en las cuatro fórmulas, este resultado se pueden atribuir al porcentaje de arcilla de los suelos, en este caso a menor contenido de arcilla se obtuvo mayor estimado de producción, debido a la capacidad de retención de nutrientes de las arcillas, que los mantienen como no disponibles para la planta, (Cuadro 14), (FAO 2002).

Cuadro 14. Estimado de producción a cosecha de caña de azúcar (t/ha) en la semana 25 del cultivo, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con diferentes clases texturales, Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Semilleros (FL ¹)	Tigra (FArL ²)	Rancho Alegre (Ar ³)
	Media	Media	Media
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	123.8 a ⁴ X ⁵	105.0 a X	60.0 a Y
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	125.6 a X	93.8 a Y	52.5 a Z
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	127.5 a X	114.4 a X	69.4 a Y
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	133.1 a X	112.5 a X	69.4 a Y
Coefficiente de variación	11.98		

¹Suelos con textura Franco Limosa, ²Suelos con textura Franco Arcillo Limosa, ³Suelos con textura Arcillosa.

⁴ Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

⁵ Valores en filas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

Es de anotar que a pesar que no hubo diferencias estadísticamente significativas en las fórmulas, si las hubo agrónomicamente, esto a razón que las diferencias en las medias de estimación de producción a cosecha (t/ha), representan un impacto económico, demostrando

Contenido de nutrientes en las hojas. En suelos franco limosos, se presentaron diferencias (P<0.05) en nutrientes absorbidos. Las fórmulas 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 contienen boro a diferencia de las fórmulas 106-35-69-0-1-S30-Zn1, lo que generó una deficiencia de boro (<4 ppm) (Benton *et al.* 1991) en las hojas de las plantas a las que se aplicó fórmula sin boro-una aplicación, (Cuadro 15).

Cuadro 15. Concentración de nutrientes en la tercera hoja de caña de azúcar en la semana 24 después de siembra, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco limosa (finca Semilleros 12), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Cantidad de nutrientes										
	%							mg/kg			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	2.4 a ¹	0.2 a	1.1 a	0.3 a	0.1 a	0.2 a	11.7 a	116.0 a	32.7 a	19.0 a	3.7 b
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	2.1 b	0.2 a	1.4 a	0.3 a	0.2 a	0.2 a	9.7 ab	110.3 a	29.3 a	26.7 a	4.3 ab
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	2.3 a	0.2 a	1.4 a	0.4 a	0.2 a	0.2 a	7.7 b	103.3 a	29.7 a	33.3 a	7.0 ab
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	2.4 a	0.2 a	1.3 a	0.4 a	0.2 a	0.2 a	9.0 ab	115.3 a	34.3 a	22.3 a	5.0 ab
Coefficiente de variación	5.8	6.5	13.4	14.0	10.9	12.1	19.8	14.5	20.1	30.2	41.3

² Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

En el suelo franco arcillo-limoso, hay diferencias ($P<0.05$) en la cantidad de boro, siendo la fórmula 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones) la mayor con 7.3 ppm, el bajo contenido de boro en las plantas tratadas con la fórmula 106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones) se debe a la ausencia de este elemento en la fórmula, (Cuadro 16).

Cuadro 16. Concentración de nutrientes en la tercera hoja de caña de azúcar en la semana 24, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura franco arcillo limosa (finca Tigra 5), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Cantidad de nutrientes											
	%						mg/kg					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	2.2	a ² 0.2	a 1.5	a 0.4	a 0.1	a 0.1	6.0	a 97.33	a 37.3	a 20.3	4.3	b
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	2.3	a 0.3	a 1.2	a 0.4	a 0.2	a 0.1	5.7	a 105.67	a 36.0	a 24.6	a 3.3	b
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	2.2	a 0.2	a 1.4	a 0.3	a 0.1	a 0.1	6.3	a 103.33	a 35.3	a 32.3	a 4.3	b
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	2.2	a 0.2	a 1.3	a 0.4	a 0.2	a 0.1	6.6	a 99.67	a 32.0	a 18.3	a 7.3	a
Coefficiente de variación	5.8	6.5	13.4	14.0	10.9	0.1	19.8	14.5	20.1	30.2	41.3	

¹ Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

En el suelo con textura arcillosa (finca Rancho Alegre 50), se obtuvo diferencias ($P<0.05$) en la cantidad de hierro, teniendo las mayores cantidades las fórmulas 106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones) y 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación) con 180.7 y 183.67 ppm respectivamente. Además se encontró una deficiencia de boro en los cuatro programas de fertilización, atribuyéndole esto a la retención del elemento provocada por las arcillas (Tisdale *et al.* 1985), (Cuadro 17).

Cuadro 17. Concentración de nutrientes en la tercera hoja de caña de azúcar en la semana 24, bajo cuatro programas de fertilización, en suelos con textura arcillosa (finca Rancho Alegre 50), Azucarera Choluteca, Marcovia, Honduras.

Tratamiento	Cantidad de nutrientes											
	%						mg/kg					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (una aplicación)	2.3	a ² 0.2	a 1.2	a 0.4	a 0.2	a 0.2	7.3	a 140.7	b 40.7	a 36.7	a 2.0	a
106-35-69-0-1-S30-Zn1 (dos aplicaciones)	2.2	a 0.2	a 1.2	a 0.4	a 0.2	a 0.2	7.7	a 180.7	a 31.0	a 33.0	a 2.0	a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (una aplicación)	2.3	a 0.2	a 1.3	a 0.3	a 0.2	a 0.2	7.7	a 183.7	a 37.0	a 40.3	a 1.0	a
171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4 (dos aplicaciones)	2.4	a 0.2	a 1.2	a 0.4	a 0.2	a 0.2	9.0	a 148.0	b 34.7	a 33.7	a 1.0	a
Coefficiente de variación	5.8	6.5	13.4	14.0	10.9	12.1	19.8	14.5	20.1	30.2	41.3	

¹ Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P<0.05$).

Respecto a los análisis foliares se encontraron leves deficiencias de zinc (<20 ppm) (Benton *et al.* 1991) en suelos de textura franco limosa (finca Semilleros 12) con la fórmula 106-35-69-0-1-S30-Zn1- una aplicación y en suelos de textura franco arcillo limosa (finca Tigra 5) con la fórmula 171-45-152-0-45-S97-Zn21-B4-dos aplicaciones, este resultado se debe a la relación antagónica entre el fósforo y el zinc (Malavolta 2006), ya que en los análisis de suelos elaborados se denota un elevado nivel de fósforo (>30 ppm) (Arévalo y Gauggel 2011), además la adición de este elemento en la siembra y en los programas de fertilización puede contribuir a generar dicho desbalance.

4. CONCLUSIONES

- Se encontraron diferencias significativas en el cultivo a diferentes edades en las variables agronómicas, sin embargo no hubo una tendencia que defina a un programa de fertilización con medias más altas en ninguna variable a 25 semanas después de siembra.
- Hay una respuesta diferencial del cultivo según la textura del suelo, sin diferencia entre los programas de fertilización evaluados, siendo mayor el estimado de producción en suelos de textura franco limosa y menor en suelos con textura arcillosa.

5. RECOMENDACIONES

A pesar que la producción estimada en esta etapa del experimento, no arrojó diferencias significativas de producción, es de hacer notar que la media de producción de la fórmula alterna en todos los suelos, es más alta que la fórmula convencional entre 9.4 y 10.7 t/ha, por lo tanto se recomienda:

- Evaluar el experimento hasta cosecha para determinar si hay diferencias entre los programas de fertilización evaluados.
- Determinar si existen diferencias entre los tratamientos en las variables de producción y de calidad, tales como grados brix, pol, sólidos totales, azúcares reductores y toneladas de caña por hectárea y libras de azúcar por tonelada.
- Realizar un análisis económico para determinar el mejor programa.
- Realizar un estudio que evalué diferentes programas de fertilización, previamente establecidos para cada tipo de suelo.
- Analizar la factibilidad económica y práctica de implementar riegos durante el periodo de sequía.

6. LITERATURA CITADA

Arévalo, G.E. y Gauggel, C. 2011. Manual de prácticas. séptima edición, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 77p.

Benton, J., Wolf, B. y Mills, H. 1991. Plant Analysis Handbook II. Micromacro publishing, INC.

California Plant Health Association. 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. México, Editorial Limusa. p 95-97.

D'Hont A, Souza GM, Menossi M, Vincentz M, van-Sluys MA, Glaszmann JC, Ulian E (2008) Sugarcane: a major source of sweetness, alcohol, and bio-energy. In: Moore PH, Ming R (eds) Plant genetics and genomics: crops and models. Springer New York. 1: 483–513.

Económicas. 2012. Este mes concluye la zafra azucarera en tres ingenios. La Tribuna, Tegucigalpa, Honduras, abril 22:1

FAO. 2011. Perspectivas Alimentarias “Análisis de los mercados mundiales”. 162 p.

FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Trad. Ronald Vargas Rojas. Roma, Italia. 99 p.

FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición. Roma, Italia. 77 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica). 1991. Caña de Azúcar (en línea). Consultado el 28 de Agosto del 2012. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-cana.pdf>

Malavolta, E. 2006. Relación entre el fósforo y el zinc. Informaciones Agronómicas 63:12-14.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2010. Producción de azúcar en Honduras (en línea). Consultado 13 de Septiembre del 2012. Disponible en: http://www.sag.gob.hn/index.php?option=com_content&task=view&id=3137&Itemid=1552.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L, Beaton, J.D y Havlin, J.L. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Quinta edición. Nueva York, Estados Unidos. MacMillan publishing company. 634 p.

TOA (Temas de Orientación Agropecuaria). 2005. MANUAL DE FERTILIZANTES. Editorial Número 115-116. Tercera edición. p 69.