

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

FERTILIZACIÓN COMPLEMENTARIA Y EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DEL
CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN AZUCARERA LA
GRECIA, CHOLUTECA.

POR:

OLMAN RENIERY GOMEZ CRUZ

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

JUNIO, 2016

**FERTILIZACIÓN COMPLEMENTARIA Y EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DEL
CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN AZUCARERA LA
GRECIA, CHOLUTECA.**

POR:

OLMAN RENIERY GOMEZ CRUZ

NORMAN LEONEL MERCADAL M. Sc.

Asesor Principal

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en el Departamento Académico de Investigación y extensión Agrícola de la Universidad Nacional de Agricultura el: **M. Sc. NORMAN LEONEL MERCADAL TEJADA**, miembro del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **OLMAN RENIERY GÓMEZ CRUZ** del IV Año de la carrera de Ingeniería Agronómica presentó su informe.

"FERTILIZACIÓN COMPLEMENTARIA Y EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN AZUCARERA LA GRECIA, CHOLUTECA."

El cual a criterio de los examinadores, Aprobo! este requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los tres días del mes de Mayo del año dos mil dieciséis.

M. Sc. NORMAN LEONEL MERCADAL TEJADA
Asesor Principal

DEDICATORIA

A MI SEÑOR TODO PODEROSO que me brindo toda la sabiduría, fuerzas e inteligencia para cumplir una de mis metas propuestas y salir adelante.

A mis padres **SANTOS ENRIQUE GOMEZ, ENIS MARIBEL CRUZ** que me han apoyado a lo largo de mi vida y mi carrera profesional, siempre preocupándose que cada día sea una persona mejor.

A mi precioso hijo **OSCAR ENRIQUE GOMEZ Y FLOR ROSA AGUIRRE** mi esposa, ya que ellos me dan la fuerza y deseos de superarme.

A mis hermanos **MARISELA GOMEZ, NELVIN GOMEZ, ARIEL GOMEZ** que me han apoyado moralmente en todo mi estudio.

A todos mis familiares que de cualquier forma u otra manera me han estado apoyando.

AGRADECIMIENTO

A **Dios todo poderoso** que me dio la oportunidad de estudiar en este centro educativo formándome profesionalmente.

Al ingenio **La Grecia** que me dio la oportunidad de poder realizar mi trabajo profesional supervisado en sus instalaciones.

A mi asesor principal **Ing. Norman Mercadal** que ha sido un ejemplo a seguir y por su apoyo brindado.

A la **Universidad Nacional de Agricultura** por haberme dado la oportunidad de ser parte de la familia estudiantil y formarme como un verdadero profesional de las ciencias agrícolas.

A mis compañeros de dormitorio Buenaventura Argueta, Erick Lagos, Kelvin Mejía, Luis Alba, Miguel Mejía, Álvaro Escamilla, Danael Soto, por haber compartido experiencias todos estos 4 años de estudio.

A mis demás compañeros de clases Onasis Urbina, Reynerio García, Denis Godoy, Manuel Gómez, Pablo Guevara por su amistad brindada.

CONTENIDO

	pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1. General.....	2
2.2. Específicos.....	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Origen de la caña de azúcar	3
3.2. Producción Mundial	3
3.4. Generalidades del cultivo.....	4
3.5. Composición de la caña de azúcar	5
3.6. Fertilización	6
3.7. Elementos nutritivos esenciales para la caña de azúcar.....	7
3.7.1 Nitrógeno.....	7
3.7.2 Fósforo.....	7
3.7.3. Potasio	8
3.7.4. Boro	8
3.7.5. Magnesio	8
3.7.6. Zinc.....	9
3.8 Elementos deficitarios en caña de azúcar y como suplirlos.....	9
3.9 Programa de fertilización.....	10

IV	MATERIALES Y MÉTODO	11
4.1	Desarrollo de la práctica	11
4.2	Materiales	11
4.3	Método	11
4.4	Actividades realizadas en el ingenio La Grecia	12
4.4.1	Aplicaciones de madurantes en caña de azúcar	12
4.4.2	Muestreo de toneladas de caña por hectárea (TCH)	13
4.4.3	Muestreo de humedad	14
4.4.4	Supervisión de siembra	15
4.4.5	Preparación de mezclas de fertilizantes	15
4.4.6	Participación en cosecha	16
V	RESULTADOS	17
VI	CONCLUSIONES	25
VII	RECOMENDACIONES	26
VIII	BIBLIOGRAFIA	27
ANEXOS		30

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición química promedio de la caña de azúcar.	5
Cuadro 2. Rangos óptimos de nutrientes en caña de azúcar (tercio medio de hoja TVD sin nervadura central 4-6 meses).	21

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Efecto de la fertilización complementaria según la variedad reflejado en rendimiento de toneladas de caña por hectárea.	17
Figura 2. Efecto de la fertilización complementaria según el tipo de suelo reflejado en rendimiento de toneladas de caña de azúcar.	18
Figura 3. Base de datos obtenidas de las formulas dadas por ingenio La Grecia y el efecto que tiene en TCH.	20
Figura 4. Comparativo media de altura al 5to y 9no mes, lo cual es atribuido a la fertilización complementaria, realizada en Azucarera La Grecia.....	22
Figura 5. Comparativo media de peso de los tallos al 5to y 9no mes, también lo cual es atribuido a la buena fertilización complementaria, realizado según estudio en Azucarera La Grecia.....	23
Figura 6. Comparativo Tallos/ha 5to y 9no mes, según estudios realizados en Azucarera La Grecia.....	24

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Reconocimiento de Fincas	30
Anexo 2. Mezcla de los pre-madurantes	30
Anexo 3. Elaboración de aminoácidos	31
Anexo 4. Muestra para análisis de laboratorio	31
Anexo 5. Equipo de aplicación aérea.	32
Anexo 6. Lote de caña recién quemado.....	32

Gomez Cruz, O.R. 2016. Fertilización complementaria y efectos en la producción del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en azucarera La Grecia, Choluteca, Trabajo Profesional Supervisado, Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 42p.

RESUMEN

El Trabajo Profesional Supervisado se realizó en el ingenio azucarero La Grecia, ubicado en el departamento de Choluteca. La caña de azúcar representa el cultivo más importante en la producción de endulzante en el mundo. Actualmente entre los mayores productores de este rubro esta Brasil con 20.8%, India con 15.8%, Unión Europea 9.4%, China 7.7%, Tailandia 5.9%, USA 4.5%, México 3.8%, Pakistán 2.4%, Rusia con 2.7%, Australia 2.7%, Guatemala 1.7%, otros con 22.6% (USDA, 2015). También provee subproductos como la producción de energía eléctrica, materia prima para la alimentación animal, materia orgánica para la fertilización de los suelos. Para este trabajo se utilizó un método de evaluación de la fertilización complementaria que tiene la empresa azucarera y los efectos en la producción de caña de azúcar. Este documento esta basado en el área de fertilización en varias etapas de desarrollo de este cultivo: fertilización en plantía, fertilización de caña soca, fertilización foliar, fertilización en semilleros, además contiene prácticas de manejo, recomienda y sugiere como llevar a cabo cada una de estas prácticas de fertilización que influyen en la producción y productividad de caña de azúcar. Las variedades de mayores rendimientos son CP72-2086, CP88-1165, MEX79-431, suelos 1 y 4 presentan mejor efecto de la fertilización. Con la fórmula Dr. Gómez reforzada se obtuvo mayor toneladas de caña por hectárea. Con respecto a la altura y peso de la caña se refleja mejor en los primeros 5 meses con poca diferencia a los 9 meses de edad.

Palabras claves: Fertilización Complementaria, Manejo del cultivo, Producción, Productividad.

I INTRODUCCIÓN

En Honduras la historia del cultivo de la caña de azúcar comienza a mediados de 1920, cuando se inician operaciones en dos ingenios de la costa norte del país: el ingenio Sugar Co., en las cercanías de La Lima, y el ingenio Montecristo cerca de La Ceiba. La industria azucarera hondureña fue fundada por empresas como: Azucarera del Norte, S.A. (1974), Azucarera Yojoa, S.A., Azucarera Cantarranas, S.A., (actualmente Compañía Azucarera Tres Valles, S.A.), y Azucarera Central, S.A., (en la actualidad Azucarera La Grecia, S.A.), fundadas estas últimas en 1976 (Flores, 2008).

Las plantas como la caña de azúcar requieren para su crecimiento y desarrollo 16 elementos denominados esenciales. Estos nutrientes son carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). El C, H y O provienen del agua y del aire, y son los elementos que constituyen la mayor parte del peso de las plantas (CENGICAÑA, 2012). 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, reflejado en toneladas de caña de azúcar (Castellón, 2015).

El propósito del Trabajo Profesional Supervisado fue evaluar la fertilización complementaria y conocer los efectos que tiene en la producción de caña de azúcar como; altura, grosor del tallo, tallos por metro lineal, analizar datos obtenidos de lotes aplicados en relación a lotes no aplicados. Así como en la participación de otras actividades relacionadas al manejo del cultivo, muestreos, aplicaciones aéreas, supervisión de siembra, toma de datos de índices de desarrollo y cosecha, contando con el apoyo de los técnicos encargados de cada área que contienen la información práctica de todas las actividades realizadas.

II OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar el proceso de fertilización complementaria y efectos en la producción de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) que tiene la empresa azucarera La Grecia, Choluteca.

2.2. Específicos

Determinar los efectos que tiene la fertilización complementaria en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en azucarera La Grecia.

Apoyar en las diferentes actividades de aplicación de fertilizantes y analizar los posibles problemas, buscando las soluciones necesarias para una mejor implementación de las técnicas de manejo de la fertilización.

Documentar el proceso de fertilización y sus efectos en la producción de la caña de azúcar que tiene la azucarera La Grecia.

II REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen de la caña de azúcar

La caña de azúcar es nativa de las regiones subtropicales y tropicales del sudeste asiático. Alejandro Magno la llevó de la India hacia Persia, mientras los árabes la introdujeron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto, de donde se extendió por todo el continente africano y a la Europa meridional. A finales del siglo XV Cristóbal Colón la llevó a las islas del Caribe, de allí fue llevada a toda América Tropical y Subtropical (León, 1987, citado por Peña, 1997).

3.2. Producción Mundial

De acuerdo a las estadísticas y a los datos de la zafra 2014/15, los principales productores fue Brasil como primer productor de azúcar en el mundo con 35.8 millones de toneladas métricas, le sigue India con 27.3 millones toneladas métricas, en tercera posición se encuentra La Unión Europea con 16.3 millones toneladas métricas y por último China con 13.3 toneladas métricas; estos 4 países concentran aproximadamente el 53.7% de la producción mundial. Por su parte, Guatemala se posiciona en el onceavo lugar con 2.6 millones de toneladas métricas, que representa aproximadamente el 1.7% de la producción mundial (USDA, 2015).

3.3. Producción en Centroamérica

Durante el período 2014/15, fue Guatemala quien se posicionó como el décimo primer mayor productor, cuarto mayor exportador, tercero más competitivo y tomando en cuenta la capacidad de carga en puerto, uno de los más eficientes. Para la zafra 2013/2014 obtuvo una producción en quintales de azúcar de 61, 012,574, con un total de

toneladas métricas de 2, 806,578. El total de exportaciones efectuadas a marzo de 2015 por azúcar asciende a US\$251.6 millones, lo que representa un 9.0% de ingreso de divisas por exportaciones de éste rubro. Es de hacer notar que se exportaron US\$41.4 millones menos que lo reflejado a noviembre de 2014 (ASASGUA, 2015).

En Honduras para la zafra 2015-2016 los productores de la zona sur produjeron 2.2 millones de quintales de azúcar, en relación a la zafra 2014-2015 que se logró producir 2.5 millones de quintales, lo que refleja una reducción de la producción de caña de azúcar en un 15 por ciento debido a la sequía que afecta el país. Al comparar la producción nacional de azúcar obtenidos en la zona sur se establece que en el sector pacifico se produce el 22 por ciento del producto que genera el país. El año pasado a nivel nacional se registró una producción de 11, 354,112 quintales de azúcar, en azucarera La Grecia se cosechó un millón de toneladas de caña comparado con zafras anteriores, que han sido muy productivas, de las que se ha llegado a cosechar hasta 1.5 millones de toneladas de caña. En las comunidades del sur se generan unos 8,000 empleos durante la temporada del corte de la caña y la producción del azúcar, según la Asociación de Productores de Azúcar de Honduras (APAH) publicado por EL HERALDO (2016).

3.4 Generalidades del cultivo

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La raíz es de tipo fibroso conocida como cepa se extiende hasta los 80 cm de profundidad, el 80% de la misma se encuentra distribuida en los primeros 35 cm. El tallo es la parte esencial para la producción de azúcar constituidos por nudos y entrenudos, la hoja es una vaina, cuya función es la de proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo, la inflorescencia es una panícula de diferentes formas y tamaños características de cada cultivar o variedad usado, las flores son hermafroditas completas (Montejo y Rivera 2002).

Este cultivo se desempeña muy bien en suelos profundos y fértiles, puede producirse también en suelos marginales como los arenosos y suelos arcillosos con un buen drenaje. Se adapta bien a los suelos con pH que va desde 4 a 8.3. Esta especie es típica de los climas tropicales y puede producirse hasta los 35 grados latitud norte y sur, se comporta mejor en altitudes que van desde 0 a 1,000 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 24 °C, además de una precipitación anual de 1500 mm bien distribuidos durante su ciclo de crecimiento, con un total de 1500 horas luz anual (Montejo y Rivera 2002).

3.5 Composición de la caña de azúcar

La caña de azúcar, está compuesta principalmente por agua, una parte sólida rica en fibra (celulosa) y una gran parte de sólidos solubles entre los que sobresalen sacarosa, glucosa y fructosa. En el jugo también están presentes otros componentes como minerales, proteínas, que pueden estar en forma libre o combinada y su composición determina las características nutritivas en el jugo (Mosquera y Carrera, 2007).

Cuadro 1. Composición química promedio de la caña de azúcar.

Componentes	Contenido (%)
Agua	74.5
Cenizas	0.5
Fibra	10
Azucares	
Sacarosa	12
Glucosa	0.9
Ceras y grasas	0.2
Sustancias nitrogenadas	0.4
Pectina	0.2
Ácidos libres	0.8

Fuente:(Mosquera y Carrera, 2007)

3.6 Fertilización

La elevada exigencia de nutrientes por parte del monocultivo, los niveles de fertilización están determinados por el resultado del análisis del suelo. Sin embargo en forma general se recomienda N68.18-81.82 Kg /mz, P 45.45-54.54 Kg/mz, K 18.18-27.27 Kg/mz (Solórzano 2013). En algunos casos se realiza una fertilización complementaria a los cañales con el fin de aumentar el rendimiento de los mismos. Esta aplicación se realiza entre los días 55 a 60 después de la siembra, en caso que se realice esta aplicación se debe tomar en cuenta los análisis de suelo y el plan de fertilización elaborado antes de la siembra. Se utilizan tractores de llanta, potencia moderada de 100 a 120 HP y un sistema de tolvas y discos dentados, con una velocidad de aplicación de 8 a 10 Km/hora, también se realiza la fertilización de forma manual con los trabajadores (INTA, 2007).

La caña de azúcar posee altos requerimientos nutricionales debido a su elevada capacidad de producción de biomasa (tallos, follaje, cepa y raíces). Los nutrientes que más extrae son potasio y silicio, luego en orden decreciente, nitrógeno, fósforo y los restantes otros macro y micronutrientes (FAO, 2003).

El éxito de la fertilización se expresara en el establecimiento temprano de una población inicial óptima y con una distribución uniforme de los tallos, con mínimas fallas, asegurando la conformación de cañales con una elevada población de tallos molibles y un excelente crecimiento y rendimiento (FAO, 2003).

Puede utilizarse equipos altamente sofisticados y automatizados o un simple tanque de derivación de flujo o de arrastre, esta fertilización con maquinaria solo se realiza en las primeras etapas de crecimiento del cultivo de caña de azúcar (INTA, 2007).

Para diagnosticar la fertilidad del suelo y el estado nutricional de la planta, se debe recurrir a los análisis de suelos y foliares (hojas), siendo clave el muestreo para obtener una información confiable y ejercer los correctivos sobre el manejo del suelo y la fertilización (Sánchez, 2013).

3.7. Elementos nutritivos esenciales para la caña de azúcar

Existen 16 elementos esenciales para la caña de azúcar, dentro de los cuales se pueden mencionar al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre como macronutrientes. Entre los micronutrientes se tiene el boro, zinc, cobre, hierro y manganeso, estos se requieren en mínimas cantidades cumpliendo una indispensable función para el rendimiento de azúcar (Bowen, 1994).

Se describe la función de algunos de los elementos esenciales para la nutrición de la caña.

3.7.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial para las células vegetales, se encuentra principalmente en partes jóvenes de la planta en estado de crecimiento. Es absorbido en forma de NO_3^- y NH_4^+ , una vez dentro de la planta son esenciales para la producción de proteínas (TISDALE, 1988). La falta o escasez de nitrógeno se manifiesta en el poco desarrollo de toda la planta, poco macolla miento, tallos delgados y raquíticos y las hojas se tornan de un color verde pálido o amarillento (CENGICANÑA, 2012).

3.7.2 Fósforo

El fósforo es un nutriente esencial para las plantas y juega un papel vital en la fotosíntesis y en muchos otros procesos bioquímicos. Sus principales funciones son transporte y almacenamiento de energía, y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular. El fósforo promueve el macollamiento y desarrollo de la raíz, de tal manera que es indispensable

en las primeras fases del crecimiento del cultivo. El mismo es absorbido por las raíces de las plantas en forma de iones ortofosfato primario y secundario (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) en función del pH del suelo. Las deficiencias de fósforo en el cultivo de caña de azúcar se manifiestan en un pobre macollamiento con tallos delgados y entrenudos cortos, las hojas son delgadas, angostas y más pequeñas (CENGICANA, 2015).

3.7.3. Potasio

El potasio es un elemento esencial en la osmoregulación, activación de enzimas, regulación del pH y balance entre aniones y cationes en las células. Interviene en la fotosíntesis y ejerce un control sobre los movimientos de azúcares y en el uso eficiente del agua por las plantas. El potasio es absorbido como ion K^+ y es un elemento móvil dentro de las plantas. La falta de este elemento se manifiesta primero en las hojas viejas de las plantas con moteado y clorosis en la punta y márgenes de las hojas termina con necrosamiento en las hojas afectadas (CENGICANA, 2015).

3.7.4. Boro

Es esencial para el crecimiento normal de las plantas, promueve la división celular, la elongación de las células, rigidez a la pared celular y traslación de azúcar, es absorbido por las plantas en un proceso pasivo (no-metabólico). El boro se mueve con el agua en los tejidos de la planta, la absorción y acumulación depende de la tasa de transpiración, en la solución del suelo está disponible para las plantas como ácido bórico H_3BO_3 (Smart, 2011). Aplicar 1-3 Kg de solubor (20.5% de boro).

3.7.5. Magnesio

Componente básico de la clorofila, las plantas lo absorben en su forma iónica Mg^{+2} , que es la forma de magnesio disuelto en la solución del suelo. La absorción de este se da por dos procesos principales: absorción pasiva impulsada por la corriente de transpiración y la

difusión –movimiento de iones de magnesio desde zonas de alta concentración hacia zonas de menor concentración (Smart, 2011). Aplicar 3-9 Kg de sulfato de magnesio en aplicación foliar (Azucarera La Grecia, 2015).

3.7.6. Zinc

Participa en la activación enzimática de trifosfato-deshidrogenasa, enzima esencial para la glicolisis, así como en los procesos de respiración y fermentación. Interviene también en la síntesis de auxinas, hormona involucrada en el crecimiento. Es absorbido como catión divalente, Zn^{2+} , ya sea vía radicular o foliar. Su disponibilidad para la planta, como la del resto de micronutrientes que la caña de azúcar necesita, es mayor a pH ácidos (Smart, 2011). Aplicar 1-3 Kg de sulfato de zinc (heptahidratado) mediante aplicación foliar, 20 Kg de azufre vía sulfato de amonio (dosis mínima de azufre) (Azucarera La Grecia).

3.8 Elementos deficitarios en caña de azúcar y como suplirlos

Magnesio; con sulfato de magnesio en mezcla foliar y luego como complemento al suelo.

Zinc; con sulfato de zinc quelatado con aminoácidos libres (protifert)

Boro; el boro acomplexado con protifert para que penetre de inmediato en menos de dos horas.

Fosforo; el fosforo con 12-61-0, 10 Kg en aminoácidos (1lt) o fosfito de potasio, solo necesita 12 días para penetrar y con aminoácidos penetra en 2 horas, además es móvil dentro de la planta, es la forma más eficiente de suministrar fosforo a la planta (Azucarera La Grecia).

3.9 Programa de fertilización

Antes de establecer cualquier programa de fertilización es necesario hacer un muestreo de la fertilidad de los suelos de los lotes de caña de azúcar a cultivar, con esta información se pueden tomar decisiones acerca de qué productos utilizar y también es un indicador de qué deficiencias presenta el suelo. Se debe de tener el 100% de los lotes muestreados (Azucarera La Grecia, 2015). El plan de fertilización se elabora de acuerdo a los resultados obtenidos previamente en el muestreo de fertilidad de suelos.

El muestreo de fertilidad se lleva a cabo de la siguiente forma:

- Se toma una muestra cada 15 hectáreas de terreno, para tener mayor exactitud en cuanto al número de muestras a tomar se divide el número de hectáreas que tiene el lote entre 15, el resultado se redondea al entero superior y ese será el total de muestras por lote a sacar.
- Los puntos de muestreo deben ser representativos del lote. La muestra debe tomarse antes de la requema y antes del inicio de la preparación de suelos. La mitad de las muestras se deben tomar del surco y el resto de la calle. La profundidad a muestrear debe ser de 0-30 cm.
- Se deben sacar 15 sub-muestras en una hectárea del lote, para formar el punto del muestreo, se debe de geo-referenciar o marcar el punto de muestreo.
- Posteriormente se solicita un análisis químico y físico del suelo, es recomendable capacitar al personal de muestreo de textura ya que se considera más efectivo, después se corroboran los resultados con el laboratorio (Azucarera La Grecia, 2015).

IV MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Desarrollo de la práctica

La práctica se realizó en el ingenio azucarero La Grecia ubicado en el municipio de Marcovia, Choluteca. Las características climáticas de la zona son: precipitación media anual de 1100 mm y una humedad relativa de 61%, presenta un relieve tipo valle con pendientes menores al 10%, temperatura media de 27°C, vientos de 5-15 Km/hr.

4.2 Materiales

Durante las actividades realizadas en el Trabajo Profesional Supervisado (TPS) se necesitó lo siguiente: lotes de caña disponibles, fertilizantes, tablero, libreta de campo, lápiz, cámara digital, logística para movilización, así como el equipo de aplicación de fertilizantes aéreo y terrestre.

4.3 Método

Este trabajo se basó más que todo en evaluar la fertilización complementaria que tiene esta empresa azucarera y los efectos que tiene en la producción de caña de azúcar. Uno de los pasos que se realizó primeramente fue el reconocimiento de cada una de las fincas sembradas de caña de azúcar que están a cargo de la empresa La Grecia, con el objetivo de evaluar y conocer los efectos de la fertilización complementaria, así como los tipos de fertilizantes ya sean foliares, y/o granulados a utilizar y su función en la caña de azúcar, así como en la participación de otras actividades de acorde al manejo que se le da al cultivo de caña.

4.4 Actividades realizadas en el ingenio La Grecia.

La duración del Trabajo Profesional Supervisado fue de 3 meses iniciando el 1 de octubre y finalizó el 5 de enero de 2016 .Además de la evaluación de la fertilización complementaria, se realizó otras actividades dentro de la empresa como: muestreos de humedad, muestreos de pre-cosecha, de pre-quema ,aplicaciones aéreas y terrestres, cosecha.

4.4.1 Aplicaciones de madurantes en caña de azúcar

Para la aplicación de madurantes en la caña de azúcar se toman en cuenta algunos criterios técnicos como la humedad relativa del 60%, temperatura de 32 °C, viento de 5 Km /hr, así como la ventana de aplicación. Estos madurantes se aplican un mes antes de cosecha como mínimo, dependiendo la ventana de aplicación de los productos a utilizar, para evitar que florezca y retener el crecimiento para obtener una mayor concentración de azúcares. Dichas mezclas de estos productos son elaboradas en el área de la pista donde se realiza el llenado del producto a la maquina aérea.

Estas aplicaciones se realizan de forma aérea con avionetas Air tractor con capacidad de 280 galones, avioneta con capacidad de 100 galones o helicóptero con capacidad de 180 galones.

Se hace mención de algunos de los productos usados como madurantes en caña de azúcar.

La ventana de aplicación es el tiempo en que se aplica el madurante antes de ir a cosecha por lotes o fincas lo cual es programado por el encargado o jefe de cosecha

Round Up SL 35.6

Líquido soluble, ventana de aplicación de 49 días, dosis 3-4 L/ha, para caña de azúcar se aplica 0.75-1.5 L/ha i.a glifosato isopropilamonio, modo de acción sistémico.

Select

Emulsión concentrada, i.a Cletodin, modo de acción sistémico, ventana de aplicación de 35 días.

Moddus

Emulsión concentrada, i.a trinexapac-etil al 25% (250 gr de i.a). Mecanismo de acción; sistémico absorbido por hojas y tallos, traslocado después a los meristemos en donde se inhibe la elongación de entrenudos, con 46 días de ventana de aplicación. Es un regulador del crecimiento aplicado en caña de azúcar de 6 a 9 semanas antes de cosecha, tiene un efecto madurante favoreciendo la concentración de sacarosa.

Round Up Max

Granulado hidrosoluble, i.a glifosato isopropilamonio, modo de acción; sistémico no selectivo, ventana de aplicación de 46 días. Este producto se utiliza para lotes que van a renovación, es decir lotes que tienen más de 7 años de producción de caña.

4.4.2 Muestreo de toneladas de caña por hectárea (TCH).

Este muestreo se realiza 15 días entre un muestreo y otro, antes de la aplicación de madurantes, se hace un muestreo destructivo en campo para saber el tonelaje de caña por lote. Lotes > 5 ha: recolectar 6 muestras de 5 metros cada una, lotes < 5 ha: recolectar 3 muestras de 5 metros cada una.

Los muestreos de precosecha tienen como objetivo principal determinar el punto óptimo de madurez en el que un lote de caña debe cosecharse. Algunos criterios para muestrear; A) la edad, el ciclo de la caña en nuestro medio es de doce meses, el muestreo debe realizarse en los nueve y diez meses, B) la variedad; si es de maduración temprana, mediana o tardía, puede determinar el momento en que se debe iniciarse el muestreo, C) programa de madurantes, el programa de aplicación de madurantes puede condicionar el inicio del muestreo de un cañaveral ya que es conveniente realizar por lo menos uno y dos muestreos antes de la aplicación de madurantes, D) la floración, E) frecuencia de cosecha, los cañales se muestrean a intervalos entre 15 días entre un muestreo y otro.

Se debe elaborar un formulario que debe contener la información siguiente; número de lote, nombre de lote, número de estaciones programadas a muestrear por lote, variedad de la caña, fecha real del muestreo, número de cañas maduras, cantidad de hojas grandes y pequeñas encontradas en el área muestreada, porcentaje de flor, número de entrenudos con presencia de corcho.

El punto de extracción de la muestra se localiza a una distancia de veinte a treinta metros de la orilla de la ronda, la cual debe ser más representativa posible del área muestreada. Se desbaraja la muestra y se seccionan en trozos de 50-60 Cm, después se hace un paquete de diez cañas más o menos y se amarra con pita, una vez hecho el paquete se le adjunta una etiqueta, la cual se amarra con la punta de la pita que sujeta al paquete.

4.4.3 Muestreo de humedad

Estos muestreos se realizan con el objetivo de saber el contenido de humedad, grados brix, pureza de los jugos, azúcares reductores que tiene la caña, se toman 3 muestras por cada 10 has, cada una de las muestras se toman 10-15 metros de la ronda hacia adentro del lote, 10 tallos de caña por muestra, llevándolas para su propio análisis al laboratorio de la empresa.

4.4.4 Supervisión de siembra

Se realizó esta actividad con el objetivo de observar todo el proceso de la preparación de suelo, que este bien mullido, sin terrones grandes para facilitar la germinación, buena orientación del surqueo para evitar la erosión, y obtener un mejor desarrollo radicular del cultivo, la forma de sembrar la caña si es a chorro continuo o trapezoidal depende del encargado, la semilla que sea de buena calidad y de la variedad de mayor producción, así como el aterrado de la semilla que sea la más adecuada para una rápida germinación y evitar el ahogamiento al momento del riego.

4.4.5 Preparación de mezclas de fertilizantes

Se realizó en la planta de fertilización que tiene la empresa en donde se lleva un orden de los productos a mezclar como pre-madurantes, fertilizantes foliares. Para pre-madurantes la realización de la mezcla es la siguiente; ácido cítrico como regulador de pH sulfato de zinc, sulfato de magnesio, cloruro de potasio, solubor como fuente de boro, nitró-extend y por último el adherente, surfactante , pegante o penetrante para que el producto a aplicar sea aprovechado y absorbido por la planta.

Preparación de aminoácidos, productos que están siendo elaborados hace 2 años por la empresa ya que los resultados obtenidos han sido aceptables de acuerdo a los ensayos montados por el departamento de investigación, esto es una alternativa para ahorrar costos debido a que los productos que utilizaban eran de precios elevados, por tanto este producto hecho de forma rustica tienen la misma función. Estos aminoácidos son elaborados a base de pescado, melaza, levadura, cabeza de camarón y agua dentro de 35 días ya están listos para utilizarlos en campo.

4.4.6. Participación en cosecha

Esta actividad se desarrolló desde el momento de quema del cañal, se realiza en horas de la noche, 1 o 2 días antes de la corta de caña, para evitar incendios de otros lotes que no están planificados para la fecha de corte, así como supervisar el trabajo de cosecha manual; corte al ras del suelo, cogollo en el último surco de la gavilla entre otros aspectos a seguir por el encargado de cosecha respectivamente.

La cosecha se hace en base a la madurez (edad) de la planta, algunos de los índices visuales de maduración de la caña de azúcar son: el amarillamiento y secado de las hojas, el sonido metálico de las cañas maduras cuando son golpeadas; y la aparición de cristales de azúcar brillantes cuando la caña madura es cortada en forma inclinada y es mantenida a contra la luz.

Los parámetros de calidad más importantes son los cualitativos para determinar la madurez de la caña de azúcar entre ellos están: Brix del jugo, el porcentaje de sacarosa, los azúcares reductores y la pureza aparente.

Una cosecha adecuada debe asegurar que: la caña sea cosechada en su máximo estado de madurez, evitando cortar caña sobremadura o inmadura, el corte debe hacerse hasta el suelo, para cosechar los entrenudos inferiores ricos en azúcar, aumentando la producción y el rendimiento de azúcar. La caña debe estar limpia, removiendo los cuerpos extraños, tales como hojas, basura, raíces, etc. La caña cosechada debe enviarse rápidamente al ingenio

V RESULTADOS

Base de datos obtenidos de Azucarera La Grecia.

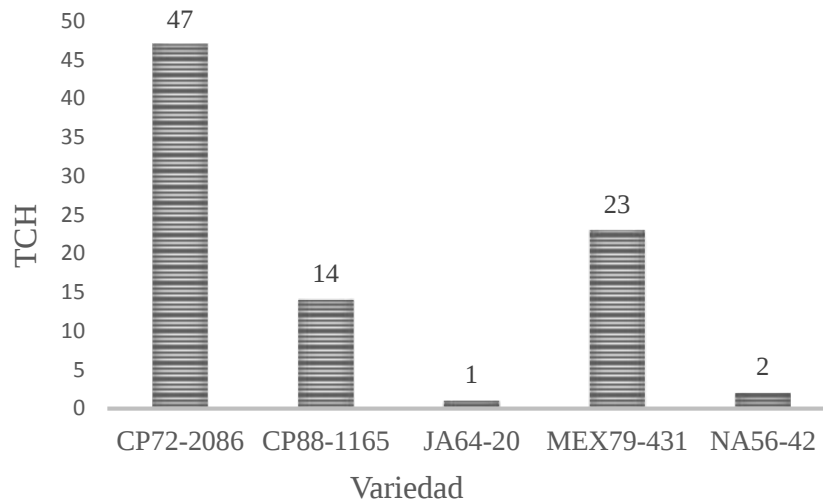


Figura 1. Efecto de la fertilización complementaria según la variedad reflejado en rendimiento de toneladas de caña por hectárea.

De acuerdo al gráfico anterior podemos decir que la fertilización complementaria tiene mucho efecto en caña de azúcar, por lo tanto, de acuerdo a cada variedad a sembrar dependerá el rendimiento de toneladas de caña de azúcar (TCH). Aquí se demuestra que las variedades con mayores rendimientos son; CP72-2086, CP88-1165, MEX79-431 por tanto son las que más se siembran en el ingenio La Grecia, debido a las condiciones de adaptación de la zona, así como el manejo que se le da al cultivo. Según (CENGICAÑA, 2012), Pantaleón cuenta con 35 variedades todas distribuidas en diferentes tipos de suelo, pero las variedades CP88-1165, CP72-2086 y MEX79-431 están adaptadas a diferentes estratos altitudinales y diferentes tipos de suelo, siendo la variedad CP72-2086 que presenta rendimientos de hasta 5.8 toneladas de caña por hectárea más que la variedad MEX79-431, aunque no muy significativa. Sin embargo los rendimientos de la variedad CP72-2086 si son diferentes de las demás variedades.

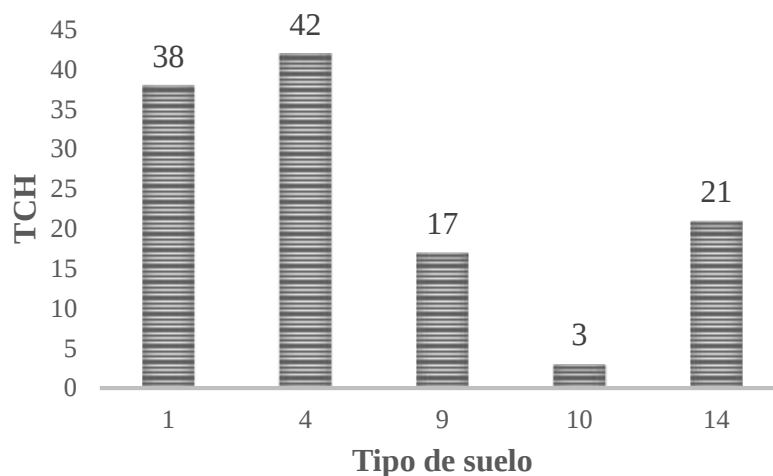


Figura 2. Efecto de la fertilización complementaria según el tipo de suelo reflejado en rendimiento de toneladas de caña de azúcar.

Suelos 1; son suelos drenados, no salinos, sin presencia de piedras, riego por goteo. Con presencia de arcilla de 48%, limo 44%, arena 8%, pH de 5-6 y contenido de materia orgánica de 1.5. Se siembran variedades como la CP72-2086 y la MEX79-431.

Suelos 10; suelos drenados, salinos, sin piedra, riego por aspersión, en estos suelos la cosecha se realiza en febrero. Con presencia de arcilla del 44%, limo 26%, arena 20%, pH de 7 y contenido de materia orgánica de 0.5.

Suelos 14; son suelos no drenados, no salinos, pero con presencia de piedras, riego por goteo. Con presencia de arcilla del 34%, limo 26%, arena 40%, pH de 8 y contenido de materia orgánica de 0.30, se siembran variedades como la CP72-2086.

Suelos 4; son suelos drenados, no salinos, sin piedra, tienen riego por aspersión, arcillas del 46%, limo 44%, arena 10%, pH de 6 y materia orgánica de 1.30. Variedades sembradas en estos tipos de suelo; CP72-2086, CP88-1165, MEX79-431.

Suelos 9; suelos no drenados, salinos, sin piedra, riego por aspersión. Contenido de arcilla de 14%, limo 14%, arena 72%, pH 6 y materia orgánica de 1.4, variedad cultivada en este tipo de suelos CP88-1165.

Se puede observar en el gráfico como varía el rendimiento de caña de azúcar de acuerdo al tipo de suelo que tiene clasificado el ingenio, pues se observa el efecto que tiene la fertilización complementaria obteniéndose mayor rendimiento en suelos 1 y 4. Estos suelos la empresa los ha clasificado así, por tener mayores contenidos de materia orgánica, suelos francos, los cuales son aptos para el desarrollo de la caña, lo cual beneficia en una mayor producción.

Además el efecto de la fertilización complementaria se ve reflejado en mayor coloración verde en el cultivo (clorofila), de 12 a 20 tallos por metro, excelente peso de los tallos, menor ataque de hongos, bacterias, menor ataque de insectos , porte alto de la caña lo cual se le atribuye a la buena nutrición del cultivo.

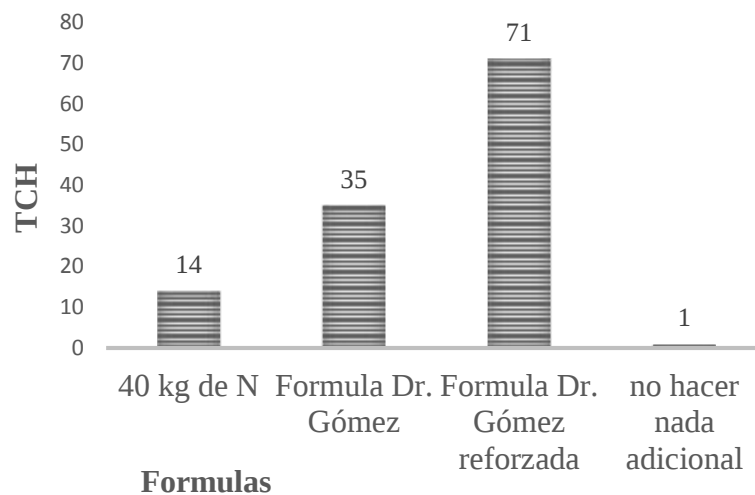


Figura 3. Base de datos obtenidas de las formulas dadas por ingenio La Grecia y el efecto que tiene en TCH.

Estas fórmulas se están utilizando actualmente por la empresa azucarera; formula Dr. Gómez (4Kg de Nitrato de Potasio o 5Kg de melaza + 3Kg de Sulfato de Amonio + 10Kg de Urea disuelto + 3.2 gramos de ácido giberelico en 170 l/ha manual o 38 litros aéreo).

Formula Dr. Gómez reforzada (4Kg de Nitrato de Potasio o 5Kg de melaza + 3Kg de Sulfato de Amonio + 15Kg de Urea disuelto + 3.2 gramos de ácido giberelico en 170 l/ha manual o 38 litros aéreo)

40 Kg de N (% Materia orgánica con menor del 3%, utilizar como fuente sulfato, con mayor al 3%, utilizar como fuente Urea+nitroextend). No hacer nada adicional, significa que son los lotes que se deben renovar, resiembra próxima temporada.

Las formula con las que se obtienen mejores resultados son las formulas Dr. Gómez y la formula Dr. Gómez reforzada, lo cual está reflejado en el grafico anterior.

Cuadro 2. Rangos óptimos de nutrientes en caña de azúcar (tercio medio de hoja TVD sin nervadura central 4-6 meses).

Nutriente	Adecuado
Nitrógeno (%)	1.8-2.60
Fosforo (%)	0.19-0.30
Potasio (%)	0.9-1.60
Calcio (%)	0.20-0.45
Magnesio (%)	0.15-0.32
Fe (ppm)	50-105
Cu (ppm)	3 a 8
Mn (ppm)	12-100
Zn (ppm)	15-32

Datos tomados mediante muestreo que se realiza a los 5 meses de edad del cultivo, para análisis foliar, se muestrea la hoja 1 con cuello visible en el tallo o TVD (Top Visible Dewlap).

Según el cuadro anterior nos indica el rango óptimo de nutrientes de la caña de azúcar una vez aplicada la fertilización complementaria, realizadas según análisis de laboratorio (Azucarera La Grecia).

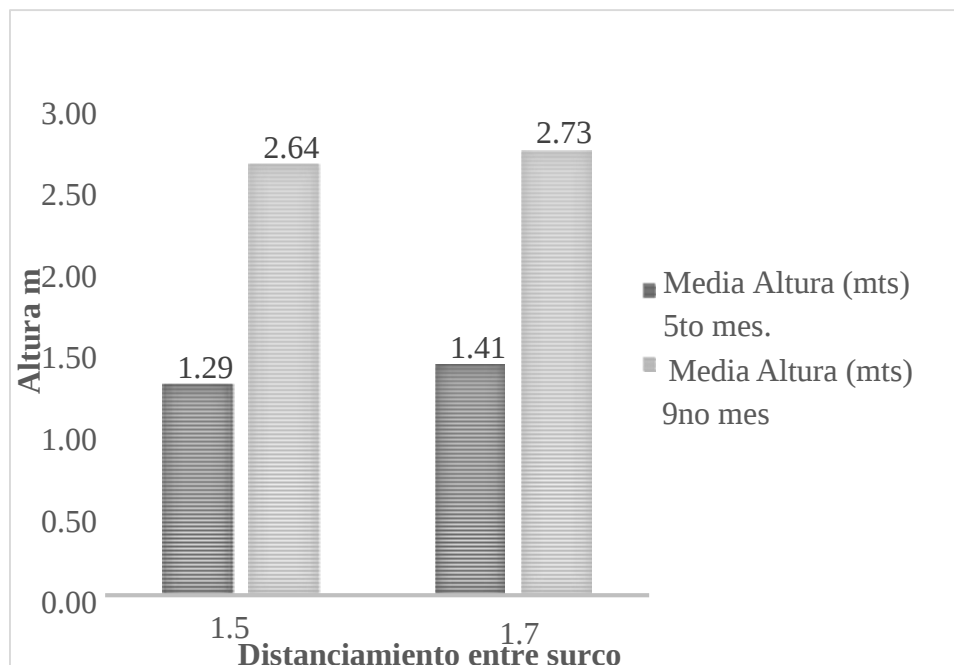


Figura 4. Comparativo media de altura al 5to y 9no mes, lo cual es atribuido a la fertilización complementaria, realizada en Azucarera La Grecia.

Según nos demuestra el gráfico, la diferencia de altura es mínima con respecto al 5to y 9no mes, en donde se toman datos de índice de desarrollo, dando como resultado mayor altura en las primeras etapas de la edad del cultivo, hay mayor desarrollo, un mejor aprovechamiento de los nutrientes que se le suministran, lo que se manifiesta en una mayor ganancia de altura, de acorde al distanciamiento entre surco nos dice que hay menor competencia por luz y por nutrientes.

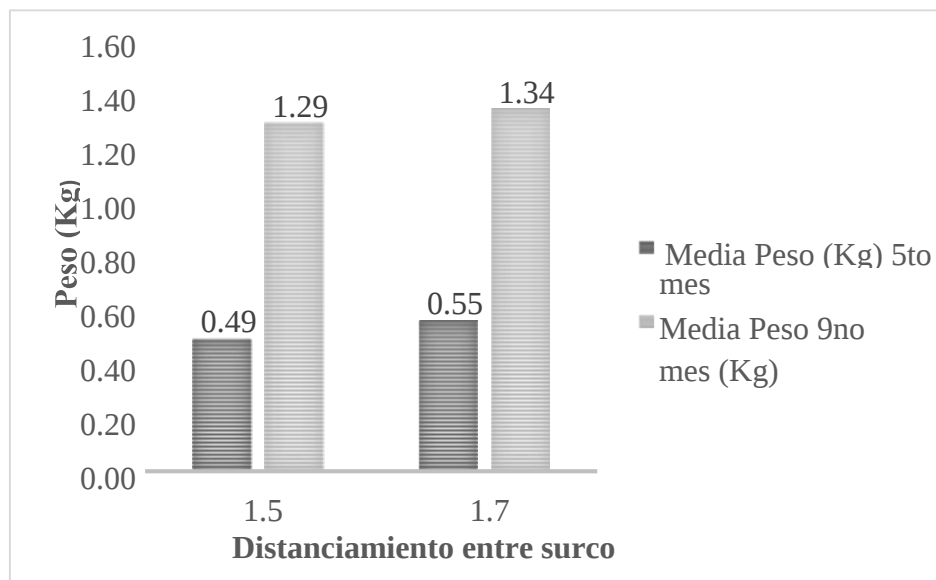


Figura 5. Comparativo media de peso de los tallos al 5to y 9no mes, también lo cual es atribuido a la buena fertilización complementaria, realizado según estudio en Azucarera La Grecia.

Según este gráfico la ganancia de peso de la caña se da mucho mejor en los primeros cinco meses de la plantación, obteniendo una poca diferencia en el noveno mes, lo que también se debe al distanciamiento entre surco, a menor distancia entre surco va ser menor la ganancia de peso y viceversa. El peso nos indica que hay mayor contenido de azúcares en el jugo, lo que conlleva aun mayor rendimiento de quintales de azúcar por tonelada.

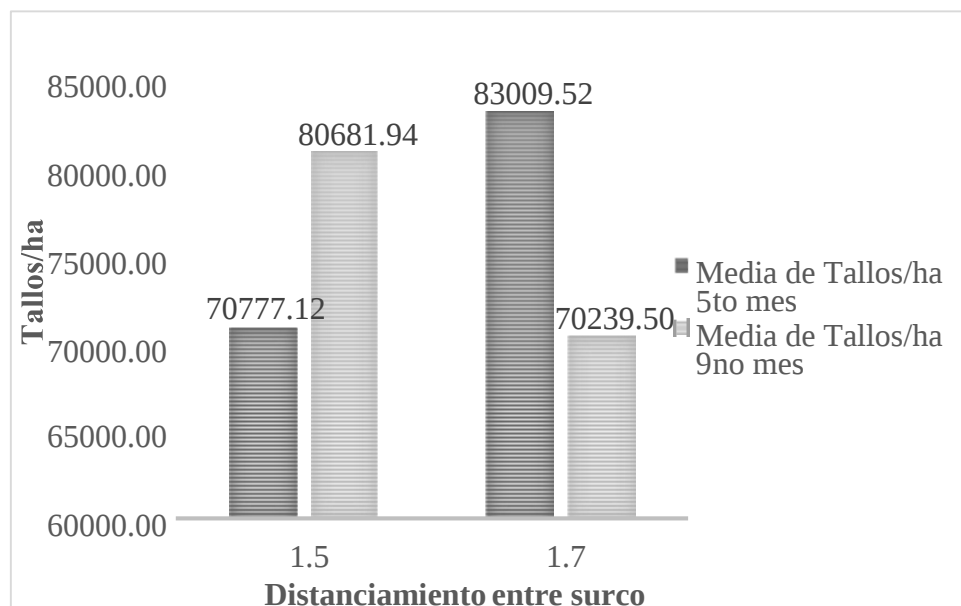


Figura 6. Comparativo Tallos/ha 5to y 9no mes, según estudios realizados en Azucarera La Grecia.

El número de tallos es otro indicador del cual los productores se avalan para saber cuánto es el rendimiento que se espera a final del ciclo de producción de la caña, en el gráfico anterior nos demuestra la diferencia comparativa del número de tallos por hectárea al quinto y noveno mes. A mayor número de tallos por metro, mayor número de tallos por manzana o por hectárea es un buen indicador de una excelente producción, reflejado al final de cosecha en altos rendimientos de toneladas de caña por hectárea.

VI CONCLUSIONES

La mayoría de los suelos responden a la fertilización complementaria e incrementan hasta en un 30 % la producción o más en comparación a suelos no fertilizados, teniendo en cuenta que debemos hacer buen uso de los fertilizantes y la aplicación de las dosis adecuadas en las épocas más convenientes para un mejor desarrollo de la planta en todo su ciclo productivo.

Las fertilizaciones efectuadas por el ingenio azucarero La Grecia en caña de azúcar tienen efectos muy significativos ya que se nota un buen desarrollo fisiológico de la plantación de caña de azúcar, también hay un menor ataque de patógenos (hongos y bacterias), lo cual podría ser atribuido a la buena nutrición de los cañales, de igual manera se logró identificar los efectos que producen los fertilizantes complementarios como mayor altura, grosor del tallo, número de tallos por metro, mayor peso de tallos, toneladas de caña por hectárea(TCH).

Los datos de índices de desarrollo como altura, diámetro, peso y número de tallos por hectárea son unos de los parámetros de mayor importancia para tener un aproximado de cuánto es la producción esperada, expresada en toneladas de caña por hectárea.

Con la elaboración del manual de fertilización en caña se está colaborando teóricamente en el manejo de la nutrición en caña, lo cual es de mucha importancia para estudiantes interesados en obtener conocimiento de este cultivo, así como una guía para diferentes productores dedicados a la producción de caña de azúcar.

VII RECOMENDACIONES

Efectuar un buen programa de fertilización en suelos no fertilizados, utilizando los fertilizantes que aporten una adecuada cantidad de nutrientes de acuerdo a la dosis que se requiere utilizar, tomando mayor importancia en la etapa de siembra o resiembra ya que de esta depende en mayor parte el buen desarrollo del cultivo.

Realizar monitoreo frecuente acerca del efecto que está teniendo el fertilizante en el desarrollo del cultivo y en conjunto elaborar un plan de manejo de patógenos, al igual que el uso frecuente de fertilizaciones complementarias (foliares y granuladas) para obtener rendimientos favorables.

Utilizar el manual de fertilización complementaria como medio de apoyo para el área académica, que sirva como colaboración y medio de información a pequeños productores de caña de azúcar que buscan obtener beneficios económicos.

VIII BIBLIOGRAFIA

Anderson, D.L y Bowen, J.E. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. Instituto de la potasa y el fósforo A.C. Quito Ecuador.

Asociación de Productores de Azúcar de Honduras (APAH) publicado por El Heraldito. 2016. Industria del azúcar se prepara para una mayor producción. Disponible en: www.elheraldo.hn/regionales/industrias.

ASASGUA (Asociación de Azucareros en Guatemala).2015. El cultivo de caña de azúcar en Guatemala.

Castellón, B.A. 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.

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar).2012. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). Guatemala. 512 p.

Flores, E. 2008. Diagnóstico de rendimiento de caña de azúcar utilizando factores climatológicos múltiples, Zamorano, Honduras. 22 p.

FAOSTAT, It. 2002. Datos Agrícolas: Cultivos primarios caña de azúcar (en línea). Roma, It. Consultado 22 sept 2002.disponible en:<http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&language=ES&hostname=apps.fao.org&version=default>.

FAO.2003.Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria. Editorial FAO. Roma, Italia.

INTA, 2007. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) 2007. Mecanización del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L).

Montejo, L y Rivera, E, 2002 Manual de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) Ing., agr.zamorano .consultado el 14 de julio 2015.1 pág.

Mosquera, SA; Carrera, JE; Villada, HS.2007.Variable que afectan la calidad de la panela procesada en el valle del cauca. (En línea).Colombia. Disponible <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia7ediciones/vol15/2vol5.pdf><http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol15/2vol5.pdf>.

Peña, M. 1997. Propagación In vitro de la caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 39 p

Sánchez. 2013. Fertilizantes de liberación controlada en cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la empresa azucarera Choluteca (ACHSA). Disponible en UNA.

Smart. 2011. citado por Martínez, S. 2014. Monitoreo de respuesta del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) ante la fertilización convencional y una mezcla con micronutrientes

TISDALE,S.L/1988/fertilidad de los suelos y fertilizantes tradicionales por Jorge Balasch/Articulo/México,D.F/UTHA.Pag 760.

Urbina, M.2007 folleto de caña de azúcar, cultivos industriales Ing.Curla. Consultado el 15 de julio 2015 pág. 2 de 34.

USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica), 2015. Análisis económico de ABG, Marzo, 2015.disponible en:<http://abg.org.gt/web2014/wpcontent/uploads/2015/05/SECTOR-2-AZUCAR-MARZO-DE-2015.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. Reconocimiento de Fincas



Anexo 2. Mezcla de los pre-madurantes



Anexo 3. Elaboración de aminoácidos



Anexo 4. Muestra para análisis de laboratorio



Anexo 5. Equipo de aplicación aérea.



Anexo 6. Lote de caña recién quemado.

