

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTIRRIGACIÓN Y SU INFLUENCIA EN
LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN
EI MUNICIPIO DE SANTIAGO NONUALCO, DEPARTAMENTO DE LA PAZ, EL
SALVADOR 2019.**

**POR
FERNANDO ANTONIO CAÑAS GARCÍA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE 2020

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTIRRIGACIÓN Y SU INFLUENCIA EN
LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN
EI MUNICIPIO DE SANTIAGO NONUALCO, DEPARTAMENTO DE LA PAZ, EL
SALVADOR 2019.**

POR

FERNANDO ANTONIO CAÑAS GARCÍA

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE;
INGENIERO AGRÓNOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARÍAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO GENERAL

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

ING. AGR. M. Sc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

DOCENTES DIRECTORES

ING. M. Sc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

ING. M. Sc. JAIRO AARON VIGIL SÁNCHEZ

ING. AGR. HENRY EMERSON FABIÁN ROMERO

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SUMMARY

The research was carried out in the San Francisco Canton, El Porfiado, Santiago Nonualco Jurisdiction, La Paz Department, El Salvador. It started on February 19, 2019 and ended on August 28, 2019.

Four fertilization programs (Fertigation) were evaluated using a statistical design of complete random blocks with four repetitions, the treatments under study were as follows: T0 = Fertilizer dose (NPK). 100%, dose used by Ingenio El Ángel based on a soil study to know the availability of nutrients that are present and the nutrient requirements for the development of the sugarcane crop, T1 = 90% fertilizer dose (NPK), T2 = fertilizer dose (NPK) at 110%, T3 = Fertilizer dose (NPK) at 80% and T4 = Fertilizer dose (NPK) at 120%; which NPK dose gave better yields in the production of sugar cane seed was evaluated.

Each experimental unit was composed of three rows from which data was taken from 1 row per treatment, the data was collected at 28 days. The variables that were evaluated were: Height of harvested stem, stem diameter, number of internodes per plant, number of stems per linear meter, number of buds per stem and average production of sugar cane seed (Ton/mz) for each treatment. The data was analyzed using the INFOSTAD program, the results showed that there was no significant difference in the different treatments under study.

Key words: Fertigation, drip irrigation, seed production, *Saccharum officinarum* L.

RESUMEN.

La investigación se desarrolló en el campo experimental del Ingenio El Ángel, el cual está ubicado en la Hacienda San Francisco El Porfiado que pertenece al Cantón del mismo nombre, Jurisdicción de Santiago Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador. Se inició el 19 de febrero de 2019 y se finalizó el 28 de agosto de 2019.

Se evaluaron cuatro programas de fertirriego utilizando un diseño estadístico de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos en estudio quedaron de la siguiente manera T₀ = Dosis de fertilizante (NPK).al 100%, dosis utilizada por Ingenio El Ángel con base a estudio de suelo para poder conocer la disponibilidad de nutrientes que están presentes y los requerimientos de nutrientes para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, T₁ = Dosis de fertilizante (NPK) al 90%, T₂ = Dosis de fertilizante (NPK) al 110%, T₃ = Dosis de fertilizante

(NPK) al 80% y T₄ = Dosis de fertilizante (NPK) al 120%; se evaluó qué dosis de NPK brindó mejores rendimientos en la producción de semilla de caña de azúcar.

Cada unidad experimental estaba compuesta de tres surcos de los cuales se estuvo tomando datos de 1 surco por tratamiento, los datos se colectaron a los 28 días. Las variables que se evaluaron fueron: Altura de tallo cosechado, diámetro de tallo, número de entrenudos por planta, número de tallos por metro lineal, número de yemas por tallo y producción promedio de semilla de caña de azúcar (Ton/Ha) por cada tratamiento. Los datos fueron analizados utilizando el programa INFOSTAD, los resultados demostraron que no existió ninguna diferencia significativa en los diferentes tratamientos en estudio.

Palabras claves: Fertirrigación, riego por goteo, producción de semilla, *Saccharum officinarum* L.

AGRADECIMIENTOS.

Al universo todo poderoso (Dios)

Gracias por haberme ayudado a complementar este ciclo de mi vida y de permitirme llegar más lejos de lo que imagine. Gracias energía universal por haber estado a mi lado siempre.

A mi papá Roberto Antonio Tobías Rauda

Gracias por haber sido esa persona que siempre me apoyo y motivo a seguir adelante a pesar que ya no estas presentes físicamente, sé que desde el lugar en el que te encuentres siempre estarás a mi lado gracias por los consejos, por haberme brindado tus conocimientos y experiencias.

A mi familia que siempre ha estado apoyándome

Gracias familia por haber estado a mi lado siempre y por ser ese motor que siempre me empujo sin importar como se vieran las cosas sin el apoyo de ustedes no lo hubiera logrado. Mis hermanos **Carlos Roberto Tobías Mancía, Alberto Antonio Tobías Mancía, Nelson Antonio García y José Alberto García.** Gracias a mi madre biológica **Victoria García** y a mi madre de crianza por haber estado ahí siempre **Aida Mancía de Tobías.**

Agradezco a la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Gracias a la facultad por haber compartido esa gama de conocimientos que me ayudaran en el desarrollo de mi vida profesional gracias a mi asesor de tesis **Ing. M, Sc. José Mauricio Tejada Asencio, J., Ing. Sabas Argueta;** Gracias por compartir la experiencia y transformarla en ciencia.

Grupo EL ANGEL.

Gracias por haberme brindado la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos. Y la experiencia que me brindaron como institución.

Gracias a mi esposa (**Ingrid Margarita Alfaro de Cañas**) e hijos (**Santiago Andrés López Alfaro** y **Maria Fernanda Cañas Alfaro**) por ser el motor de mi día a día y estar apoyándome y creyendo en mí siempre.

ÍNDICE GENERAL

SUMARY	iv
RESUMEN.	iv
AGRADECIMIENTOS.	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
INDICE DE CUADROS EN TEXTO	ix
INDICE DE FIGURAS EN TEXTO.	ix
ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXOS	x
1. INTRODUCCIÓN	12
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.	13
2.1 Historia de la caña de azúcar.	13
2.1.1 Botánica de la caña de azúcar	13
2.1.2 La raíz.	13
2.1.3 El tallo.	13
2.1.4 La hoja.	14
2.1.5 La inflorescencia.	14
2.2 Requerimientos edáficos.	14
2.2.1 Aluviales.	15
2.2.2 Halomorficos	15
2.2.3 Grumosoles.	15
2.2.4 Latosoles arcillo rójizos.	15
2.2.5 Litosoles.	15
2.2.6 Regosoles.	15
2.3 Requerimientos nutricionales.	16
2.4 Fertirrigación	17
2.5 Tipos de semilleros:	17
2.5.1 Semillero fundación.	17
2.5.2 Semillero básico	18
2.5.3 Semillero semicomercial.	18
2.5.4 Semillero comercial.	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	19

3.1	Ubicación	19
3.2	Caracterización climática	19
3.3	Materiales y equipos	19
3.3.1	Variables en estudio.	19
3.4	Metodología estadística	21
3.4.1	Diseño estadístico	21
3.4.2	Mapa de ubicación de tratamiento.	21
3.4.3	Tratamiento	22
3.4.4	Modelo Estadístico.	25
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	25
IV.1	Fase de campo.	26
IV.1.1	Altura final de tallo cosechado.	26
4.2.2.	Número de tallos cosechado por metro lineal.	27
4.2.3.	Variable diámetro del tallo cosechado.	28
4.2.4.	Número de entrenudos producidos por planta.	29
4.2.5.	Número de yemas producidas por planta.	31
4.2.6.	Rendimiento o peso cosechado en (Ton/ha).	32
4.3.	Análisis económico.	33
4.1	Evaluación económica.	33
4.2	Costo de riego.	34
4.2.1	Costo de inversión del sistema de riego.	34
4.2.2	Costo de operación del sistema de riego.	35
4.2.3	Costo de mantenimiento del sistema de riego por goteo.	36
4.2.4	Costo de producción.	36
4.2.5	Valor de la producción.	38
4.2.6	Ingreso neto.	40
4.2.7	Flujo de efectivo.	40
4.2.8	Flujo neto.	42
4.3	Indicadores económicos.	42
4.3.1	Valor presente líquido (VPL).	42
4.3.2	Relación Beneficio costo. (B/C).	43
4.3.3	Tasa interna de retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN)	43
4.3.4.	Valor Presente Liquido (VPL)	44

5. CONCLUSIONES.	46
6. RECOMENDACIONES.	47
7. BIBLIOGRAFÍA.	49
8. ANEXOS.	52

INDICE DE CUADROS EN TEXTO

Cuadro 1: Distribucion y ubicación de los tratamientos que fueron elegidos al azar.	21
Cuadro 2: Dosis de NPK utilizadas por programa de fertirrigación Kg/Ha.	22
Cuadro 3 Promedio de altura del tallo cosechado de caña de azúcar en un periodo de un 65 días.	22
Cuadro 4 Número de tallos por metro lineal cosechado de los diferentes tratamientos en estudio.	22
Cuadro 5 Promedio de diámetro de tallo cosechado de los diferentes tratamientos valores expresados en cm.	23
Cuadro 6 Número de entrenudos obtenidos por tallo de caña de azúcar cosechado en un periodo de 165 días.	23
Cuadro 7 Promedio de número de yemas por tallo cosechado de los diferentes tratamientos.	24
Cuadro 8 Rendimiento de semilla cosechado valores expresados en Ton/Ha periodo de 165 días.	25

INDICE DE FIGURAS EN TEXTO.

Figura 1 Muestra el promedio de la altura final de tallo cosechado por cada tratamiento y cada repetición.	19
Figura 2 Número de tallos cosechados por metro lineal con diferentes dosis de NPK	25
Figura 3 Promedio diámetro de tallo cosechado por metro lineal de resultado de los diferentes programas de fertirrigación en estudio.	26
Figura 4. Representa el promedio de número de entrenudos obtenidos por cada tallo cosechado de los diferentes programas de fertirrigación con riego por goteo.	28
Figura 5 Número de yemas obtenidas por cada tallo cosechado de los diferentes tratamientos en estudio.	29
Figura 6 Rendimiento de semilla de caña de azúcar obtenida en los diferentes programas de fertirrigación.	32

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXOS

Cuadro A- 1. ANOVA para la variable Altura de tallo (semilla de caña de azúcar).	51
Cuadro A- 2. Resultados de prueba de Kruskal Wallis para la variable Altura de tallo de caña de azúcar.	52

Cuadro A- 3. Análisis de Varianza para la variable número de tallos cosechados por metro lineal.	52
Cuadro A- 4 Resultados de la prueba de Kruskal – Wallis para la variable en estudio No de tallos cosechados de caña de azúcar.	53
Cuadro A- 5. Detalle de los resultados de ANVA para la variable diámetro de tallo cosechado.	53
Cuadro A- 6. Resultados finales de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable diámetro de tallo cosechado.	54
Cuadro A- 7. Análisis de la varianza para la variable en estudio número de entrenudos por tallo cosechado.	54
Cuadro A- 8. Análisis de varianza para la variable promedio de número de yemas obtenidas por tallo cosechado.	55
Cuadro A- 9. Resultados finales de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable número de entrenudos por tallo cosechado.	56
Cuadro A- 10. Resultados de la Prueba de Kruskal Wallis para la variable número de yemas por tallo cosechado.	56
Cuadro A- 11. Resultados de ANVA para la variable rendimiento de semilla de caña de caña de azúcar (Ton/Ha).	57
Cuadro A- 12. Prueba de Kruskal Wallis para la variable producción de semilla de caña de azúcar valores expresados en Ton/Ha.	57

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXOS

Figura A- 1. Instalación de vena central o conexión madre para poder distribuir los laterales de riego con cada válvula de paso.	58
Figura A- 2. Establecimiento de Sistema de riego por goteo para producción de semilla de caña de azúcar.	58
Figura A- 3. Instalación de sistema de riego por goteo, calibración de manómetros y limpieza de filtro.	59
Figura A- 4. Aplicación de solución madre al cultivo de caña de azúcar.	59
Figura A- 5. Aplicación de riego por goteo para caña de azúcar.	59
Figura A- 6. Producción promedio de semilla en 1 metro lineal de caña de azúcar 185 días después de la siembra.	60
Figura A- 7. Desarrollo de las primeras plántulas de caña de azúcar destinadas para producción de semilla en un periodo de 10 días.	60
Figura A- 8. Desarrollo del cultivo de caña de azúcar a los 38 días después de la siembra.	60
Figura A- 9. Desarrollo del cultivo a los 59 días después de siembra.	61
Figura A- 10. Desarrollo del cultivo a los 66 días después de siembra.	61
Figura A- 11. Desarrollo del cultivo a los 72 días después de siembra.	61

Figura A- 12. Desarrollo del cultivo después de 115 días de siembra.	62
Figura A- 13. Desarrollo del cultivo a los 160 días después de siembra.	62
Figura A- 14. Problemas de roedores que provocan fugas con el sistema de riego por goteo.	62

1. INTRODUCCIÓN

Las casi nulas prácticas de riego aplicadas para el manejo del cultivo de caña de azúcar, dan paso a tener bajas producciones a la hora de cosechar, por falta de riego normalmente todos los años se pierden entre un 7% a un 12% del cultivo de caña de azúcar por ha, perdidas que se ven reflejas en los rendimientos de peso/Ha (Ton/ha), a la hora de la cosecha, están generando paralelamente pérdidas económicas debido a que no pueden cubrir los costos de inversión, normalmente los rendimientos de Ton/ha de semilla oscilan entre 60 Ton/ha y 85 Ton/ha, dependiendo de ciertos factores que pueden influir: tales como porcentaje de germinación, condiciones ambientales, condiciones climáticas y número de fertilizaciones químicas brindadas al cultivo.

Pérez O, en el 2001. En el congreso de ATAGUA mostró los resultados de un estudio en el que concluyo que el nitrógeno, fósforo y potasio son tres elementos que frecuentemente se encuentran en cantidades deficientes en la mayoría de los suelos y regularmente son requeridos para el desarrollo de la planta desde el inicio.

Considerando que son elementos que ayudan al desarrollo de raíz, tallos y follaje normalmente la mayoría de productores o un equivalente al 75% aplican fertilizantes químicos granulados de forma tradicional, un 15% utiliza maquinaria agrícola y con poca frecuencia un 10% hace las aplicaciones mediante el uso de drones, pero los costos de aplicación son mayores.

La presente investigación se realizó en el periodo de febrero a agosto de 2019, consistió en evaluar el efecto de cuatro programas de fertilización empleando la técnica de fertirriego ¿Con diferentes niveles de porcentaje de Nitrógeno Fosforo y Potasio, distribuidos con base al desarrollo y requerimiento del cultivo , que estaba destinado para producción de semilla?

En El Salvador un poco más del 90% de semilla de caña se cultiva es con precipitación natural que se registra durante el año en un ciclo aproximado de 5 a 7 meses. Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo principal buscar una alternativa para disminuir los costos de producción asociados con el riego brindado al cultivo de caña de azúcar, de igual manera demostrar la ventaja del uso de nuevas tecnologías que ayudarán al productor, para favorecer el desarrollo de la planta y mejorar la producción de semilla, con la idea de cambiar los riegos tradicionales (canales de inundación, gravedad, aspersión) que se han mantenido durante muchas generaciones, y han sido utilizados para la producción de caña de azúcar. Prácticas que se dan hoy en día sin incluir la competencia que representa para los demás usos alternos del agua en la población adyacente.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 Historia de la caña de azúcar.

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L., es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 a.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 d.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 d.C.). En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical (CONADESUCA 2015).

2.1.1 Botánica de la caña de azúcar

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 sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico. Puede formar más subproductos debido a que el cultivo de caña de azúcar posee un promedio de 6 subproductos dependiendo de la región y el país en el que se desarrolle el cultivo de caña de azúcar (Alexander 1985).

2.1.2 La raíz.

Es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso (Alexander 1985).

2.1.3 El tallo.

La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, está dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar según las variedades y desarrollo (dependiendo de la nutrición que se le brinde al cultivo de caña de azúcar y la cantidad de

agua brindada con base al desarrollo y requerimiento del cultivo, así será el tallo la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, contiene agua y sacarosa normalmente se procesa en los ingenios de cada país dependiendo de la región así pueden ser los sub productos derivados de la fibra de caña de azúcar, papel es uno de los principales productos agroindustrial en que Brasil y CENICAÑA están enfocados (Alexander 1985).

2.1.4 La hoja.

Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla, las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales pueden dar lugar al nacimiento de una nueva planta (OCÉANO 2000).

2.1.5 La inflorescencia.

La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variables, las características de cada cultivar o variedad usado, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento, para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica o mejorar el tamaño de la caña (Ruíz 2013).

2.2 Requerimientos edáficos.

Este cultivo se desempeña bien en suelos sueltos, profundos y fértiles. Si se cuenta con riego podremos lograr mejores rendimientos que en suelos sin regar. Puede producirse también en suelos marginales como los arenosos y suelos arcillosos con un buen drenaje. No se recomienda para suelos franco-limosos y limosos. Se adapta bien a los suelos con pH que va desde 4 a 8.3. Chaves 2002, desarrolló un manual para el manejo de la caña de azúcar en tres grandes grupos de suelos, el primero de ellos, suelos que van desde arenosos a franco-arenosos, el segundo un suelo que va de franco-arenosos hasta franco-arcillosos conteniendo al ideal que son suelos francos y un tercer grupo de suelos que va de franco-arcillosos a arcillosos.

Según Quiroz y Clinton (1962) los tipos de suelos que se utilizan en El Salvador para el establecimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar son.

2.2.1 Aluviales.

Ubicados en planicies aluviales de inundación, siendo ligeramente húmedos, los perfiles son de Franco a Franco Arenoso, más oscuros en la superficie. Son suelos de poco desarrollo sobre capas inferiores y con drenaje de moderado a excesivo, este grupo de suelos es de alta calidad y tiene grandes posibilidades de intensificación agrícola. (Romero 2012).

2.2.2 Halomorficos

Comprende los suelos adyacentes a los esteros, caracterizados por su contenido de sal y en su mayoría influidos por el movimiento de las mareas, son de textura Franco Limosa a Arcillosa y a veces con horizontes superficiales arenosos. (Quiroz y Clinton 1962).

2.2.3 Grumosoles.

Se encuentran en planicies casi a nivel o en pendientes cóncavas, usualmente son capas inferiores de Tobas o conglomerados, son suelos Arcillosos o de colores negros o gris oscuro, muy plásticos, pegajosos y de permeabilidad muy lenta, son difíciles de cultivar y con una profundidad efectiva de 30 cm. (Quiroz y Clinton 1962).

2.2.4 Latosoles arcillo rojizos.

Son suelos bien desarrollados con horizontes superficiales Franco Arcillosos o Arcillosos y de color Café oscuro sobre sub. Suelo Arcilloso Plástico con estructura de bloques fuerte y de color café rojizo; Son suelos de permeabilidad lenta sujetos a mayores daños de erosión, con una profundidad efectiva de 50 cm. (Quiroz y Clinton 1962).

2.2.5 Litosoles.

Son suelos superficiales pedregosos y de poco desarrollo sobre la roca dura que se encuentran en pendientes accidentadas o cimas convexas, son áreas de imposible laboreo. (Quiroz Y Clinton 1962).

2.2.6 Regosoles.

Son suelos jóvenes caracterizados por ser de cenizas pomicíticas blanca, fina y de origen volcánico; son Francos friables fáciles de manejar y de bastante productividad siendo los mejores (Quiroz y Clinton 1962).

2.3 Requerimientos nutricionales.

La caña de azúcar puede adaptarse a suelos marginales y a cambios bruscos en la fertilidad de los mismos, aunque los suelos pobres propician producciones mediocres en el ámbito internacional. La rusticidad de la planta y la fertilidad del suelo forman una relación importante, esta planta es relativamente tolerante a la presencia de aluminio intercambiable en el suelo, lo que permite el crecimiento de la misma en las capas sub superficiales de los suelos de la finca (Chaves 2002). Debido a que la caña de azúcar produce grandes cantidades de tallos y hojas, requiere más nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes que otros cultivos. La caña de azúcar necesita más nitrógeno durante la fase de ahijamiento que ocurre entre 30 y 45 días después de plantar los tallos. La fase de ahijamiento (rebrotos) “El proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario.” La cantidad de nutrimentos que extrae la caña varía en función de la variedad, tipo de suelo, condiciones de clima y manejo del cultivo. Por tonelada de tallos maduros cosechados se extraen 0.44 a 1.15 Kg de Nitrógeno, 0.11 a 0.30 Kg de Fósforo, 0.77 a 2.19 Kg de Potasio (Ruiz *et al.* 2013.).

Por tonelada de caña industrial, la extracción de nutrimentos en tallos es: 0.72 Kg de Nitrógeno, 0.18 Kg de Fósforo, 1.22 Kg de Potasio. 0.12 Kg de Calcio, 0.20 Kg de Magnesio y 0.27 Kg de Azufre; mientras que en los cogollos y en las hojas secas la extracción es: 1.15 Kg de N, 1.39 Kg de P, 1.18 Kg de K, 0.68 Kg de Ca, 0.32 Kg de Mg y 0.16 Kg de S (Ruiz *et al.* 2013.)

Se estimó la dosis de fertilización N-P-K para la caña de azúcar para cada unidad de suelo mediante un modelo conceptual, que se basa en el balance entre la demanda del nutrimento, suministrado que hace de éste el suelo y la eficiencia del fertilizante, resultando lo siguiente: Fluvisol 160-60-60, Vertisol 120-80-80, Cambisol 120-60-60, Luvisol 140-80-80 y Leptosol 160-80-80. Cuando la deficiencia de calcio es severa, el desarrollo de la planta se detiene y muere. Se considera que, por cada 100 toneladas de tallos de caña, se extraen entre 178 y 238 g de Boro, 138 y 271 g de Cobre, 1486 y 6189 g de Hierro, 758 y 1509 g de Manganeso, y 387 y 479 g de Zinc. (Ruíz *et al.* 2013.)

La caña de azúcar por ser un cultivo grande que produce enorme cantidad de biomasa, generalmente requiere mayores cantidades de nutrientes. Muchos estudios han demostrado claramente que el N, P y K son fundamentales para obtener mayores producciones de caña de azúcar con base a una aplicación sustentable de cantidades adecuadas de fertilizantes (Kafkari 2012).

Las raíces se desarrollan intensivamente en un volumen reducido de suelo, medio que sirve de transporte de agua y para los nutrientes que se le brindan al cultivo por medio de un

agroquímico. Este es el mejor escenario que puede tener el cultivo para expresar todo su potencial, lo que más tarde se traducirá en altas producciones, ya sea por planta individual, así como en todo el predio (Martínez 1998)

2.4 Fertirrigación

La fertirrigación asegura que los nutrientes fundamentales sean aplicados justamente en la zona de mayor actividad radicular, según los requerimientos específicos del cultivo de caña de azúcar y según el tipo de suelo, lo que produce mayores rendimientos de caña y mayor recuperación de azúcar. (Kafkafi 2012).

El sistema de fertirrigación funciona de la siguiente manera. La solución formada por agua y algún fertilizante se preparan en un balde, esta recibe el nombre de "solución madre" que es inyectada al sistema de riego por medio de un Venturi y distribuida en el sistema por medio de goteros. (Figura A- 4.). La mezcla de agua y solución madre recibe el nombre de "solución fertilizante" y es la que circula por las tuberías. Posteriormente la solución es localizada en el suelo muy cerca de las raíces, la cual da lugar a otra solución (solución suelo), que alimenta la planta. (Martínez 1998).

La fertirrigación presenta varias ventajas en comparación con los métodos de aplicación convencionales: la distribución de los nutrientes es más uniforme en la zona mojada donde se concentran las raíces, aumentado así la disponibilidad y la absorción de nutrientes y permitiendo mayores tasas de crecimiento del cultivo y mayores rendimientos de caña (Cámara 2012).

El aporte de nutrientes aumenta a lo largo de la temporada de acuerdo con las fases de desarrollo del cultivo, para satisfacer los requerimientos nutricionales reales del cultivo (Cámara 2012).

2.5 Tipos de semilleros:

2.5.1 Semillero fundación.

El semillero fundación será la fuente de germoplasma de las variedades desarrolladas por el ingenio el Ángel; y, de aquellas variedades comerciales introducidas que los cañicultores se interesan en sembrar comercialmente.

El establecimiento de este tipo de semillero es con plantas meristemáticas, lo que garantiza la pureza genética, plantas libres de raquitismo, escaldadura, mosaico, y niveles bajos de hoja

amarilla. De cada variedad/clon se siembran 1200 plantas, lo que representará alrededor de 1000 m². Entre los 6 y 7.5 meses de edad se cortan los tallos y se inicia el proceso para la multiplicación de plántulas a través de yemas individuales.

De cada variedad o clon se entregan 5000 plántulas o el número de tallos que les permita obtener esta cantidad de plántulas, que sirve para el establecimiento de los semilleros fundación. Para asegurar la sanidad y el buen desarrollo de este semillero se debe efectuar un buen manejo de la fertilización, control de malezas, riego y manejo de insectos-plagas. El semillero fundación puede ser utilizado para la obtención de semilla básica en caña planta y primera soca (INGENIO EL ÁNGEL 2018).

2.5.2 Semillero básico

Estos semilleros se forman con la semilla o plántulas obtenidas en el semillero fundación y, son establecidos y manejados por los ingenios. Se inician con la siembra de 5,000 plántulas de yemas por clon o variedad, lo que representa alrededor de 0.5 ha, que constituye la primera unidad de producción (UP). Para asegurar la sanidad y el buen desarrollo de este semillero se debe efectuar una adecuada fertilización, control de malezas, riego y manejo de insectos-plagas. Entre los 8 y 10 meses de edad se puede cortar la semilla para la siembra de los semilleros semi-comerciales.

El sistema de multiplicación puede ser a través de yemas individuales o por el sistema convencional (esquejes o trozos).

2.5.3 Semillero semicomercial.

Este semillero se establece en la semilla proveniente del semillero básico. El propósito es lograr un incremento de semilla que permita atender los requerimientos para la siembra de los semilleros comerciales y, si hay remanentes, usar en canteros comerciales. Entre los 8 y 10 meses de edad se puede cortar la semilla para la siembra, la misma que debe someterse a otro tratamiento hidrotérmico. Dependiendo de las características agronómicas y su sanidad, podría utilizarse durante dos cortes, caña planta y primera soca.

2.5.4 Semillero comercial.

Estos semilleros se establecen con la semilla proveniente del semillero semi comercial. Entre los 8 y 10 meses de edad se puede cortar la semilla para la siembra de los canteros comerciales. Dependiendo de la sanidad del semillero, podría utilizarse durante dos cortes, caña planta y primera soca. (INGENIO LA CABAÑA 1999).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Ubicación

La investigación se realizó en periodo de febrero de 2019 y se finalizó en la cuarta semana de agosto de 2019, en el campo experimental que tiene el Ingenio El Ángel el cual está ubicado en La Hacienda denominada San Francisco El Porfiado que pertenece al Cantón del mismo nombre, Jurisdicción de Santiago Nonualco, Ciudad del Departamento de La Paz, con coordenadas geográficas Latitud $13^{\circ}21.614'N$ y Longitud $88^{\circ}59.373'W$ sobre 8msnm (Guzmán 1971).

3.2 Caracterización climática

El periodo del año sin lluvia dura 4,5 meses, del 26 de noviembre al 12 de abril. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 15 de febrero, con una acumulación total promedio de 1 milímetros (MARN-2018).

3.3 Materiales y equipos

Para realizar la investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos que se describirán a continuación. Para medir la variable altura del tallo y el largo de entrenudo o distanciamiento entre nudo de caña de azúcar, se utilizó cinta métrica graduada en cm, para llevar el registro del diámetro del tallo o esqueje se hizo uso de la herramienta Vernier o Pie de Rey. Con el uso de un GPS se georreferenció. El lugar en el cual se desarrolló el estudio y las evidencias del desarrollo del ciclo del cultivo se registró por medio del uso de cámara fotográfica, para el aporte de nutrientes y agua hacia el cultivo de caña de azúcar se utilizó un sistema de riego por goteo, compuesto de laterales de riego, taladro percutor, sistema Venturi, tubería PVC de 3 Pulg. Válvulas de Bola, Válvula de cierre central.

3.3.1 Variables en estudio.

3.3.2 Altura de la planta.

Se utilizó cinta métrica para poder llevar un registro de la colecta de esta variable, el registro de datos se realizó cada 28 días para poder evaluar cómo era el crecimiento y desarrollo del tallo que está enfocado para producción de semilla de caña de azúcar.

Se realizó el registro de la altura del tallo desde el nivel del suelo hasta el último collar o parte superior de la planta que se puede usar como semilla, considerando que al productor de semilla le interesa el tallo no el follaje.

3.3.3 Diámetro del tallo de las plantas de caña de azúcar.

Se realizó un registro una vez al mes para poder evaluar si hay una diferencia entre el crecimiento que presenta un tratamiento al compararlo con tratamiento, para tomar el valor de la variable diámetro del tallo se utilizó un vernier o pie de rey (Figura A- 6).



Figura 1: Medición de diámetro de tallo 185 días después de siembra.

3.3.4 Número de entrenudos por planta

Se consideró para evaluar el desarrollo de los entrenudos con base al aporte de agua y el fertilizante brindado al cultivo de caña de azúcar para producción de semilla para la toma de este valor se realizó un conteo manual desde la parte inferior de la planta hasta el último brote.

3.3.5 Número de yemas por tallo cosechado

Para este valor se llevó un registro que permita evaluar si hay una diferencia y relación entre la dosis de fertilizante aplicado y el desarrollo de la cantidad de yemas generadas por tallo cosechado de caña de azúcar que será destinado para utilizarlo como semilla.

3.3.6 Número de tallos por surco.

Se llevó un registro de las parcelas para evaluar cual estaba produciendo más tallos durante el desarrollo (5.5 meses) del cultivo, con base a la eficiencia de los diferentes programas de fertirrigación por medio de riego por goteo realizado al cultivo de caña de azúcar.

3.3.7 Peso del tallo.

Se realizó el corte de la planta y se pesó con una balanza para saber cuál fue la ganancia de peso obtenida por fertirriego, debido a que esto puede ser variable porque los tratamientos fueron diseñados para que se aplicaran diferentes dosis de fertilizante en porcentaje de NPK, para realizar el registro de esta variable se realizó al final del ciclo del cultivo es decir a los 5 meses después de la siembra.

3.4 Metodología estadística

3.4.1 Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado fue un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La formación de bloques se realizó con el objetivo de evaluar si al aplicar diferentes dosis de fertilizantes NPK, las dosis fueron aplicadas al cultivo por medio de un sistema de riego por goteo y cuatro programas de fertirrigación, por medio del estudio se proyectaba encontrar una dosis de fertilizante que produjera mejores rendimientos en la producción de semilla. la cantidad de fertilizante que fue aplicada al cultivo de caña de azúcar; el riego por goteo proporciona los mejores resultados, sobre las variables en estudio, una vez evaluados los datos obtenidos en campos se buscó demostrar, comprobar y aceptar la hipótesis propuesta.

Hipótesis 0. Con la evaluación de cuatro programas de fertilización, se encontrará que todas las medias son iguales, por lo tanto, al aplicar diferentes dosis de NPK el cultivo no mostrará mejor desarrollo y mantendrá los mismos rendimientos de semilla de caña de azúcar (Ton/Ha).

Hipótesis 1 Al aplicar diferentes dosis de NPK con fertirriego por medio de un sistema de riego por goteo se encontrará al menos un programa de fertirrigación que tenga mejor con una diferencia significativa en las medias, factor que podría influir en el rendimiento de semilla de caña de azúcar en (Ton/ha).

3.4.2 Mapa de ubicación de tratamiento.

El diseño estadístico a utilizar fue un Diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución y ubicación de los tratamientos que fueron elegidos al azar.

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T ₀	T ₄	T ₂	T ₃	T ₁
T ₁	T ₃	T ₄	T ₀	T ₄
T ₂	T ₁	T ₃	T ₄	T ₀
T ₃	T ₂	T ₀	T ₂	T ₃
T ₄	T ₀	T ₁	T ₁	T ₂

3.4.3 Tratamiento

Se evaluaron 4 dosis diferentes de fertilizante (NPK) que fueron aplicadas al cultivo de caña de azúcar por medio de un sistema de riego por goteo, el cultivo estaba destinado para producción de semilla, a continuación, se detallan los tratamientos y las diferentes dosis en porcentajes de NPK.

Cada tratamiento consistió en una dosis diferente de NPK que fue aplicada en cada área utilizada para establecimiento, desarrollo y producción de semilla de caña de azúcar: en cada parcela se evaluó si existió alguna diferencia con base al tipo de fertilización y la producción de semilla obtenida. A continuación, se detalla la distribución de los tratamientos y las dosis aplicadas en porcentajes de NPK.

El tratamiento T₀ fue la dosis testigo 100% NPK. Dosis que es utilizada por Ingenio El Ángel para brindar la nutrición necesaria para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, el programa de fertirrigación utilizado está elaborado con base a estudios de suelo realizado en la propiedad, sin olvidar que se consideró el requerimiento nutricional del cultivo de caña de azúcar que está enfocado para la producción de semilla de caña de azúcar. (Ver Cuadro 2). Y los cuadros que están posteriores, cada uno representa los diferentes tratamientos y las dosis de fertilizante para el ciclo.

Cuadro 2. Kg/ha. de NPK Para 5 meses utilizando un programa de fertirrigación. Tratamiento T₀ dosis distribuida en productos comerciales.

Desarrollo del cultivo de caña de azúcar en semanas	Kg/Ha de Sulfato de Amonio	Fosfato Monoamonico MAP Kg/Ha	Cloruro de Potasio KCl Kg/Ha	S Kg/Ha
1_4	0.00	0.00	0.00	0.00
5_9	17.55	11.80	6.19	5.21
10_14	22.43	16.54	18.58	10.84
15_19	32.18	21.25	24.78	15.47
20_24	25.35	23.61	30.97	28.48
25_29	0.00	0.00	0.00	0.00
Kg totales por tratamientos	97.5	73.2	80.52	60

Cuadro 3. Kg/Ha. Fertilizante hidrosoluble utilizado en un ciclo de 5 meses por medio de un programa de fertirrigación Tratamiento T₂ dosis de 80% de NPK.

Ciclo del Cultivo en Semanas	Kg/mz de Sulfato de Amonio	Fosfato Monoamonico MAP Kg/Ha	Cloruro de Potasio KCl Kg/Ha	S Kg/Ha
1_4	0.00	0.00	0.00	0.00
5_9	14.04	9.44	4.95	5.21
10_14	17.94	13.23	14.86	10.84
15_19	25.74	17.00	19.83	15.47
20_24	20.28	18.89	24.77	28.48
25_29	0.00	0.00	0.00	0.00
Kilogramos totales por tratamientos	78	58.56	64.41	60

Cuadro 4. Kg/ha. de NPK utilizado en un ciclo de 5 meses por medio un programa de fertirrigación Tratamiento T₁ dosis de 110% distribuida en productos comerciales.

Ciclo del Cultivo en Semanas	Kg/mz de Sulfato de Amonio	Fosfato Monoamonico MAP Kg/Ha	Cloruro de Potasio KCl Kg/Ha	S Kg/Ha
1_4	0.00	0.00	0.00	0.00
5_9	19.31	12.98	6.81	5.21
10_14	24.67	18.20	20.43	10.84
15_19	35.39	23.37	27.26	15.47
20_24	27.89	25.97	34.06	28.48
25_29	0.00	0.00	0.00	0.00
Kilogramos totales por tratamientos	107.25	80.52	88.57	60

Cuadro 5. Cantidad de Kg/Ha. de fertilizante hidrosoluble a utilizar en un ciclo de 5 meses mediante para un programa de fertirrigación Tratamiento T₃ dosis de 90% distribuida en productos comerciales.

Ciclo del Cultivo en Semanas	Kg/mz de Sulfato de Amonio	Fosfato Monoamonico MAP Kg/Ha	Cloruro de Potasio KCl Kg/Ha	S Kg/Ha
1_4	0.00	0.00	0.00	0.00
5_9	15.80	10.62	5.57	5.21
10_14	20.18	14.89	16.72	10.84
15_19	28.96	19.12	22.30	15.47
20_24	22.82	21.25	27.87	28.48
25_29	0.00	0.00	0.00	0.00
Kg totales por tratamientos	87.75	65.88	72.46	60

Cuadro 6. Cantidad de Kg/Ha. de fertilizante hidrosoluble a utilizar en un ciclo de 5 meses mediante para un programa de fertirrigación Tratamiento T₄ 120% de Nitrógeno, fósforo y Potasio, dosis distribuida por medio de un sistema de riego por goteo utilizando dosis comerciales.

Ciclo del Cultivo en Semanas	Kg/Ha de Sulfato de Amonio	Fosfato Monoamonico MAP Kg/Ha	Cloruro de Potasio KCl Kg/Ha	S Kg/Ha
1_4	3.53	0.00	0.00	0.00
5_9	21.15	14.16	7.43	5.21
10_14	32.90	19.85	22.29	10.84
15_19	43.48	25.50	29.74	15.47
20_24	16.45	28.33	37.16	28.48
25_29	0.00	0.00	0.00	0.00
Kg totales por tratamientos	117.5	87.84	96.62	60

Cuadro 7: Dosis de Nitrógeno, Fosforo y Potasio utilizadas por programa de fertirrigación Kg/ha.

Tratamientos	Nivel de la dosis en %	N	P	K	S
T ₀	100%	97.5	73.2	80.52	60
T ₁	110%	107.25	80.52	88.57	60
T ₂	80%	78	58.56	64.41	60
T ₃	90%	87.75	65.88	72.46	60
T ₄	120%	117.5	87.84	96.62	60

3.4.4 Modelo Estadístico.

El diseño estadístico que se utilizó fue un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variables en estudio en la observación k del tratamiento i en el bloque j

μ = Media del experimento

α_i = Efecto del tratamiento i

β_j = Efecto del bloque j

ε_{ijk} = Error experimental de la observación k del tratamiento i del bloque j.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Como objetivo principal se evaluó si al aplicar diferentes dosis de fertilizante se obtendrían mejores rendimientos en la producción de semilla de caña de azúcar.

Los resultados del estudio demostraron que al aplicar diferentes dosis de fertilizante hay un desarrollo homogéneo en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar lo que demuestra que las medianas encontradas no son representativas estadísticamente ($p > 0.05$) en el comportamiento de las variables estudiadas.

Los datos obtenidos fueron analizados con las pruebas de Tukey y las pruebas de Kruskal; Wallis haciendo uso de la herramienta de análisis estadísticos INFOSTAD a continuación se muestran los resultados obtenidos de los tratamientos estudiados en campo.

4.1. Fase de campo.

4.1.1. Altura final de tallo cosechado.

El Cuadro 8. muestra el resultado final de los promedios obtenidos de la variable altura para los diferentes tratamientos o dosis de fertilizante NPK aplicado al cultivo de caña de azúcar además se muestra de forma gráfica como se desarrolló el cultivo de caña de azúcar (Figura 1).

Cuadro 8: Promedio de altura del tallo cosechado de caña de azúcar en un periodo de 165 días.

Promedios de entrenudos obtenidos por tallo de caña de azúcar cosechado en un período de 165 días.					
Tratamientos	Repeticiones				Promedio final por Tratamiento
	Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3	Repeticion 4	
T0	201.53	185.17	194.67	194.67	194.01
T1	199.06	199.69	193.00	213.39	201.28
T2	197.14	189.20	192.75	220.55	199.91
T3	193.59	221.27	199.38	214.53	207.19
T4	209.70	203.55	176.83	208.55	199.66

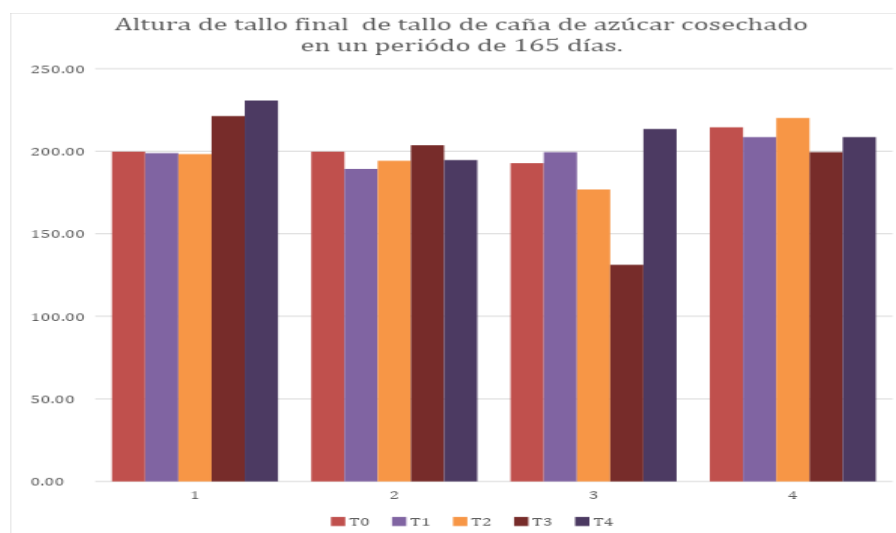


Figura 2: Muestra el promedio de la altura final de tallo cosechado por cada tratamiento y cada repetición.

Al hacer el análisis de los supuestos estadísticos a los datos obtenidos para la variable altura de tallo cosechado no se cumplieron los supuestos de ANVA (Cuadro A -1), por lo que se optó realizar las pruebas no paramétricas, en este caso de Kruskal Wallis (Cuadro A -2). Al aplicar las pruebas se obtuvo un p valor de 0.464 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Según el estudio realizado por Arguello Zapata, et al 1996, los resultados mostraron que el cultivo ya

tiene una altura establecida para un cierto periodo de tiempo a causa de la genética, sin olvidar que hay otros factores que influyen en el desarrollo del cultivo, en este caso se controlaron los factores tales como agua y nutrición por medio de un sistema de riego por goteo con el objetivo de no perjudicar el desarrollo del tallo, a la hora de fertilizar no se dañó el sistema radicular favoreciendo la absorción de nutrientes y de igual manera favoreciendo el desarrollo de los tallos alcanzando una altura que permita sacar semilla de caña de azúcar de buena calidad.

4.1.2. Número de tallos cosechado por metro lineal.

Se realizó un conteo de los tallos que estaban distribuidos en 3 metros posteriormente se realizó una división de los tallos entre 3 para conocer cuál es la distribución de tallos por metro lineal a continuación se detallan los promedios que se obtuvieron en campo cuadro 9.

Cuadro 9: Número de tallos por metro lineal cosechado de los diferentes tratamientos en estudio.

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
T ₀	16.00	18.00	15.00	13.00	15.50
T ₁	17.00	16.00	13.00	18.00	16.00
T ₂	17.00	10.00	16.00	13.00	14.00
T ₃	15.00	18.00	8.00	15.00	14.00
T ₄	16.00	13.00	12.00	11.00	13.00

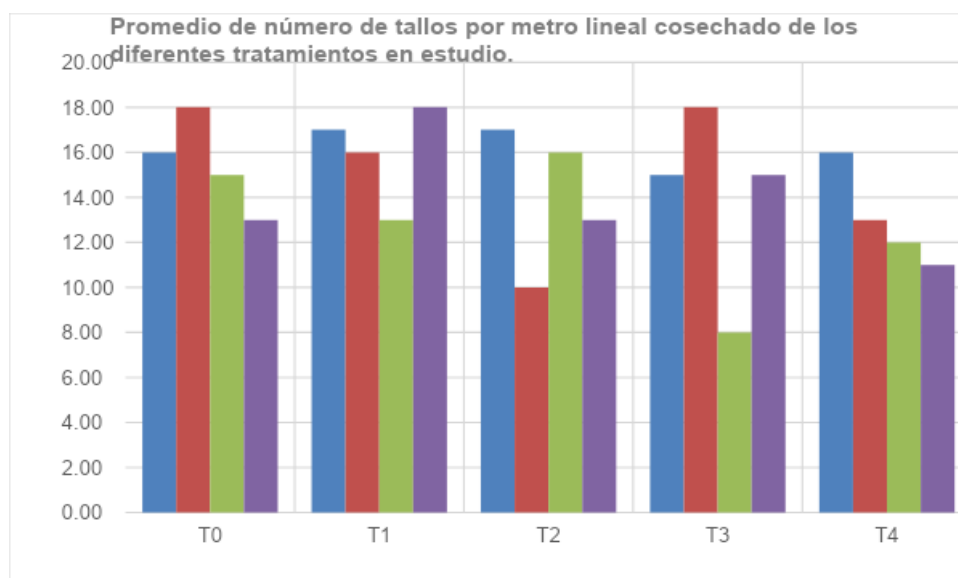


Figura 3: Número de tallos por metro lineal con diferentes dosis de fertilizante NPK.

Al utilizar el análisis de los supuestos estadísticos a los datos obtenidos para la variable número de tallos por metro lineal, los resultados mostraron que no se cumplieron los supuestos de ANVA (Cuadro A -3), por lo que se optó realizar las pruebas no paramétricas, en este caso de Kruskal Wallis (Cuadro A -4). Al aplicar las pruebas se obtuvo un p valor de 0.398 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. Según el estudio realizado por **Sánchez, O. A., & Velázquez Arriola, L. D 2004**, Las aplicaciones cada vez mayores de Nitrógeno aumentan permanentemente el número de vástagos, hasta llegar a un número óptimo, después del cual las aplicaciones adicionales de Nitrógeno no sufren efecto alguno. El Fósforo favorece el ahijamiento y aumenta en parte la producción de tallos. Por otro lado, los abonos fosforados estimulan el crecimiento radicular y el macollamiento en el establecimiento de la plantación ayudando al anclaje y período del ciclo. En cuanto al potasio, la caña extrae grandes cantidades se tiene que aplicar adecuadamente, contrarrestando así los efectos adversos de un excesivo de Nitrógeno en el rendimiento azucarero. Al utilizar un sistema de riego por goteo y un programa de fertirrigación ajustado a la zona en la que se establecerá el cultivo se mantendrá una producción constante según Arguello Zapata, et al 1996 al aplicar niveles arriba de 120Kg/ha el cultivo de caña de azúcar reduce la producción de tallos, el uso de nuevas tecnologías es necesario para mantener una producción constante.

4.1.3. Variable diámetro del tallo cosechado.

El objetivo de realizar esta medición era para evaluar si existe una relación entre la dosis de fertilizante aplicado al cultivo y el desarrollo del grosor del tallo. (Cuadro 10).

Cuadro 10: Promedio de diámetro de tallo cosechado de los diferentes tratamientos valores expresados en cm.

Tratamientos	Repeticiones			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
T ₀	2.49	2.49	2.60	2.27
T ₁	2.39	2.39	2.46	2.46
T ₂	2.44	2.34	2.27	2.48
T ₃	2.52	2.40	2.55	2.42
T ₄	2.54	2.46	2.29	2.35

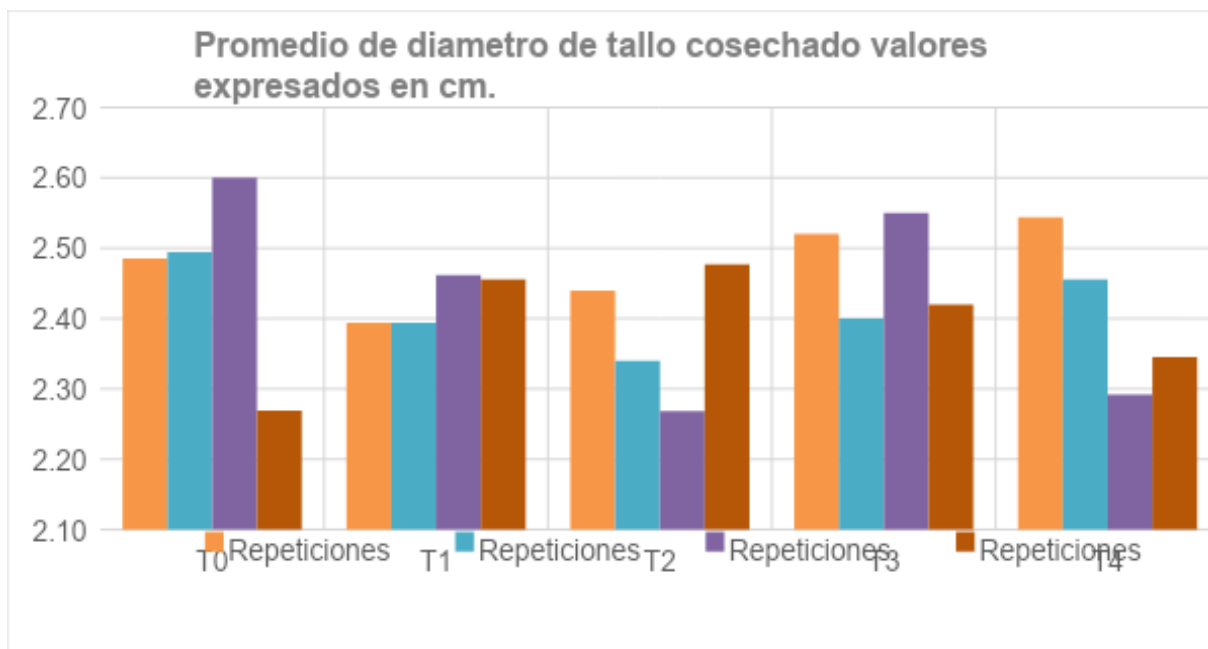


Figura 4 Promedio diámetro de tallo cosechado por metro lineal de resultado de los diferentes programas de fertirrigación.

Al analizar estadísticamente los datos obtenidos de la variable diámetro del tallo los resultados demostraron que si existió una diferencia estadística significativa entre los tratamientos en estudio obteniendo un p valor 0.0864 entre bloques de igual manera en los tratamientos en estudio, los resultados mostraron que las diferencias son mínimas y pues no influye la dosis de NPK que se le aplique al cultivo para el desarrollo del diámetro del tallo(Cuadro A- 5), en 1998 según Arguello *et al.* Concluyo que los datos obtenidos del diámetro en las diferentes dosis de NPK que se aplicaron, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos que se evaluaron. Esta falta de diferencia, probablemente se deba a la característica de la variedad, En el caso de fósforo, la respuesta fue nula a las aplicaciones ya que el diámetro fue mayor con los niveles más bajos de 0 y 50 kg/ha, decreciendo a medida que los niveles aumentaron. En relación al potasio, las aplicaciones no tuvieron influencia alguna sobre esta variable, ya que se obtuvo buena respuesta al no aplicar potasio. Esta respuesta fue igual o superior al diámetro obtenido con los niveles más altos de potasio.

4.1.4. Número de entrenudos producidos por planta.

Se realizó esta evaluación para poder analizar si existe una relación entre el número de entrenudos y el aporte de fertilizante que se le estuvo realizando al cultivo de caña de azúcar que estaba enfocado para producción de semilla (Cuadro 11).

Cuadro 11: Número de entrenudos producidos por tallo de caña de azúcar cosechado en un periodo de 165 días.

Observaciones/Tratamientos	Repeticiones				Promedio por Tratamiento
	R - 1	R - 2	R - 3	R - 4	
T0	12.56	11.94	13.47	10.23	12.05
T1	13.35	12.94	12.94	12.94	13.04
T2	13.40	13.50	12.13	13.77	13.20
T3	12.87	12.89	13.25	12.87	12.97
T4	14.06	12.91	12.08	13.27	13.08
Total	66.24	64.18	63.86	63.08	12.87

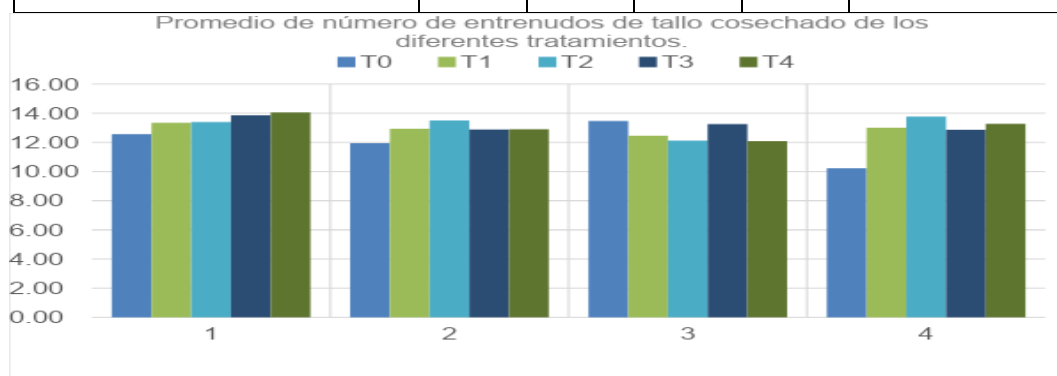


Figura 5:. Representa el promedio de número de entrenudos obtenidos por cada tallo cosechado de los diferentes programas de fertirrigación con riego por goteo.

Al realizar el análisis de los supuestos estadísticos a los datos obtenidos para la variable número de entrenudos por tallo, no se cumplieron los supuestos de ANVA (Cuadro A -7), así que se prefirió realizar el análisis por medio de pruebas no paramétricas, en este caso de Kruskal Wallis (Cuadro A -9). Al aplicar la prueba se obtuvo un p valor de 0.340 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula. No hay diferencia significativa entre bloques ni tratamiento lo que indica que el cultivo de caña de azúcar ya tienen un patrón establecido para la producción de entrenudos los resultados mostraron que se desarrolló homogéneamente independientemente del porcentaje de NPK que se le haya aplicado, Según **Martinez Barrera L 1998**, concluyo que al brindar la cantidad necesaria de agua para el desarrollo del cultivo, se tendrían canutos o entrenudos con distanciamiento de 15cm sin embargo diversos autores detallan que la producción de largo del canuto varia de la cantidad de fosforo que se le aplique al cultivo y la cantidad que este disponible en el suelo, el largo de los entrenudos estará relacionado a la

cantidad de agua suministrada al cultivo. En este caso se controlaron los factores que pudiera perjudicar el desarrollo de los entrenudos.

4.1.5. Número de yemas producidas por planta.

Para la toma de esta variable se realizó un conteo de las yemas obtenidas desde el suelo hasta el último collar o canuto obtenido del tallo cosechado el objetivo principal fue de evaluar si existe una relación directa entre el aporte de fertilizante y el desarrollo de yemas del cultivo de caña de azúcar el cual estaba enfocado para la producción de semilla (Cuadro 12).

Cuadro 12: Promedio de número de yemas por tallo cosechado de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
T ₀	9.94	9.72	10.93	7.31
T ₁	10.94	11.06	10.31	10.72
T ₂	11.07	11.00	9.75	11.77
T ₃	11.40	10.72	11.13	10.60
T ₄	11.63	11.18	9.67	10.73

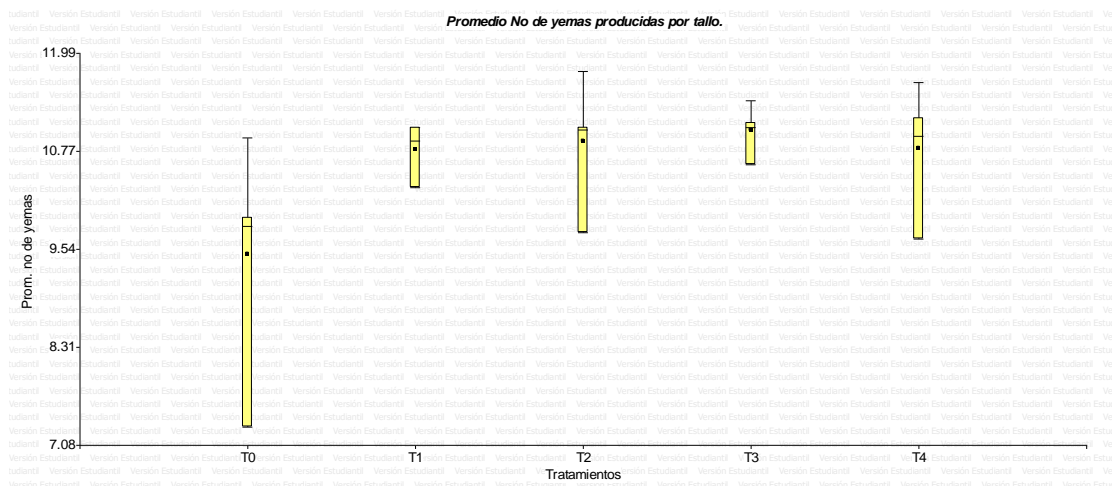


Figura 6: Número de yemas obtenidas por cada tallo cosechado de los diferentes tratamientos en estudio.

Al realizar el análisis de los supuestos estadísticos a los datos obtenidos para la variable número de yemas por tallo, no se cumplieron los supuestos de ANVA (Cuadro A -8), así que se prefirió realizar el análisis por medio de pruebas no paramétricas, en este caso de Kruskal Wallis (Cuadro A -9). Al aplicar la prueba se obtuvo un p valor de 0.260 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula. No hay diferencia significativa entre bloques ni tratamiento Lo que

indica que el cultivo se desarrolló homogéneamente independientemente del porcentaje de NPK que se le aplicó. Sin embargo, en el 2001, **Pérez O**, concluyo que al aplicar mayor cantidad de nitrógeno en la época de desarrollo y potasio dan paso a que el cultivo desarrolle más yemas, considerando que se debe de mantener un equilibrio en la dosis aplicada y el desarrollo del cultivo, además otros autores consideran que la fertilización debe de ir acompaña de riego el cual tiene que ser necesario y eficaz para que el cultivo se desarrolle en buenas condiciones dando paso tener más producción de yemas que serán futuros tallos a cosechar.

4.1.6. Rendimiento o peso cosechado en (Ton/ha).

Esta actividad se realizó al finalizar el ciclo debido a que se cortaron los tallos producidos por metro lineal en cada parcela, el objetivo de tomar este dato fue para evaluar si al menos una de las dosis de fertilizante aplicado al cultivo mejoraría la producción de semilla por ha (Cuadro 13).

Cuadro 13: Rendimiento de semilla cosechado valores expresados en Ton/ha periodo de 165 días.

Tratamientos	Repeticiones				Promedio por Ton/ha
	R - 1	R - 2	R - 3	R - 4	
T ₀	68.33	113.33	130.00	36.67	87.08
T ₁	106.67	90.00	73.33	120.00	97.50
T ₂	90.00	43.33	80.00	103.33	79.17
T ₃	108.33	126.67	70.40	106.67	103.02
T ₄	130.00	76.67	66.67	70.00	85.83

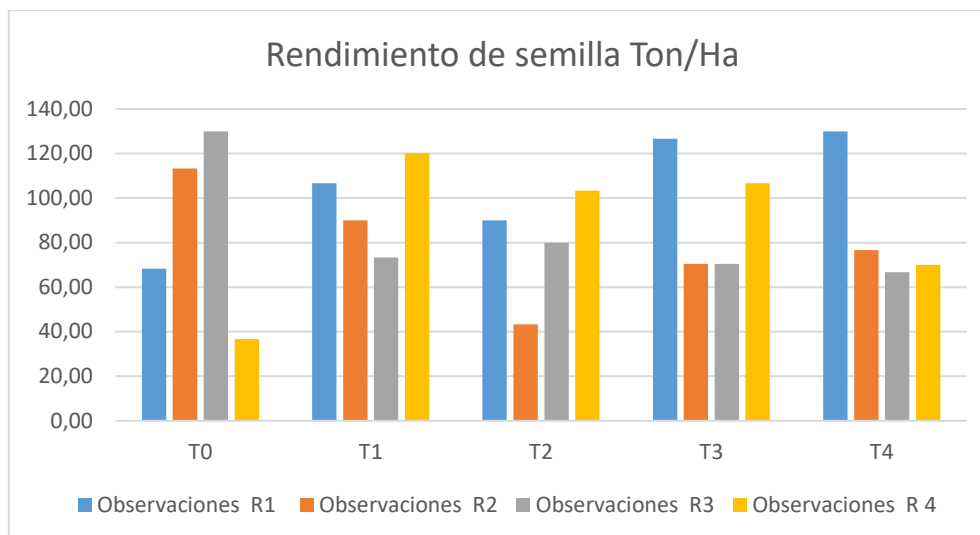


Figura 6: Rendimiento de semilla de caña de azúcar obtenida en los diferentes programas de fertirrigación. .

En el Cuadro A- 8. Se detallan los resultados del análisis estadístico realizado a los datos obtenidos en campo. Al realizar los supuestos estadísticos para la variable producción de semilla los resultados de ANVA muestran que no hay diferencias entre bloque ni tratamientos, para poder tener otro punto de vista se aplicaron las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis (Cuadro A- 13), Por medio de las pruebas no paramétricas se obtuvo un p valor de 0.891, las medianas generadas por medio de las pruebas no paramétricas se detallan a continuación. $T_0 = 90.83$ Ton/ ha de semilla, $T_1 = 98.33$ Ton/ha de semilla, $T_2 = 85.00$ Ton/ha de semilla, $T_3 = 88.53$ Ton/ha de semilla y $T_4 = 73.33$ Ton/ha de semilla. Según **Sánchez, O. A., & Velázquez Arriola, L. D 2004**. La producción de caña de azúcar esta relacionada con la época en la que se aplica el fertilizante, la variedad y las condiciones climáticas y ambientales, es decir que el rendimiento en la mayoría de ocasiones se debe a la época de aplicación de NPK. La producción depende de las condiciones que se usen para establecimiento y desarrollo del cultivo, la producción de semilla no solo dependerá del manejo agrícola brindado al cultivo, se debe de considerar que hay suelos que no tienen los nutrientes necesarios para el desarrollo de semilla de caña de azúcar.

4.2. Análisis económico.

4.2.1. Evaluación económica.

Para realizar la evaluación económica, fue necesario realizar un análisis de la producción obtenida en comparación de la inversión realizada. La intención de realizar la evaluación

económica fue para poder brindarle al productor una alternativa diferente para mejorar la calidad de semilla a obtener y la producción, considerando un margen de rentabilidad que a mediano plazo pueda solventar los costos de la inversión realizada.

4.3. Costo de riego.

4.3.1. Costo de inversión del sistema de riego.

Estos costos de inversión incluyen la motobomba, taladro percutor inalámbrico, manómetros, la red de conducción, red de distribución y aplicación de agua, utilizando riego por goteo, además se tomó en cuenta el costo de la excavación, relleno donde fue enterrada la tubería, así como la instalación y prueba del sistema (Cuadro 14).

Cuadro 14: Costos totales de la inversión de un sistema de riego por goteo para producción de semilla de caña de azúcar.

Materiales para sistema de riego por goteo					
Concepto	Área Ha.	Ctd util. por ha	Precio unitario en \$ USD	Sub Total en \$ USD	Total en \$ USD
Taladro percutor inalámbrico 1/2p 20v v/v-r	1	1	\$ 364.00	\$ 364.00	\$ 364.00
Cinta métrica (1/50 m)	1	1	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 394.00
Bushing pvc p/drenaje h 4x2p	1	6	\$ 1.24	\$ 7.44	\$ 401.44
Valvula gate f 2p 250 psi pp v05-070	1	2	\$ 40.30	\$ 80.60	\$ 482.04
Tee pvc h 4p	1	1	\$ 11.34	\$ 11.34	\$ 493.38
Tee pvc f 2p	1	15	\$ 1.46	\$ 21.90	\$ 515.28
Bushing reductor pvc k 2x1p	1	9	\$ 0.76	\$ 6.84	\$ 522.12
Bushing reductor pvc c 1x3/4p	1	4	\$ 0.24	\$ 0.96	\$ 523.08
Manometro de 0-90 psi 1/4p seco 2p	1	3	\$ 4.90	\$ 14.70	\$ 537.78
Valvula bola ni q h 2p ideal 090	1	7	\$ 42.00	\$ 294.00	\$ 831.78
Tapon hembra pvc b 3/4p	1	4	\$ 0.16	\$ 0.64	\$ 832.42
Adaptador hembra pvc f 2p	1	12	\$ 0.70	\$ 8.40	\$ 840.82
Adaptador macho pvc f 2p	1	6	\$ 0.65	\$ 3.90	\$ 844.72
Tubo pvc c/campana 100psi 2p	1	2	\$ 6.75	\$ 13.50	\$ 858.22
Tubo pvc c/campana 250psi a 3/4p	1	2	\$ 2.75	\$ 5.50	\$ 863.72
Broca concreto t 5/8 plg	1	2	\$ 9.05	\$ 18.10	\$ 881.82
Bomba achicadora 5.5HP 3PULG. WB30.	1	1	\$ 508.95	\$ 508.95	\$ 1,390.77
Cinta o lateral de riego para goteo (No de rollo/Ha)	1	3	\$ 150.00	\$ 450.00	\$ 1,840.77
Codo pvc 90gdo f 2p	1	10	\$ 0.92	\$ 9.20	\$ 1,849.97

4.3.3. Costo de mantenimiento del sistema de riego por goteo.

Se realizó un matriz en la cual se detallaron cuáles fueron los gastos de reparaciones, gastos de repuestos de accesorios, tubería y equipo del sistema (Cuadro 16).

Cuadro Detalle de los costos de mantenimiento del sistema de riego por goteo para
16: un ciclo de producción de 6 meses para producción de semilla de caña de azúcar.

Labores de mantenimiento						
Concepto	Área en ha	Insumos o número de pasos	Días /hombre	Costos en U\$D	Sub Total en U\$D	Total acumulado en U\$D
Revisión y mantenimiento de motor para riego	1	2	1.5	\$ 15.00	\$ 45.00	\$ 45.00
Mantenimiento y cambio de llaves de paso y filtros	1	5	1	\$ 2.03	\$ 10.15	\$ 55.15
Limpieza de goteros y reparación de fugas	1	11	1	\$ 2.03	\$ 22.33	\$ 77.48
Revisión y mantenimiento de llaves de paso y manómetros.	1	3	1	\$ 2.03	\$ 6.09	\$ 83.57
Sub Total						\$ 83.57
Materiales y equipo para mantenimiento de sistema de riego por goteo						
Concepto	Área en ha	ctd o número de pasos/ha	Días /hombre	Costos en U\$D	Sub Total en U\$D	Total acumulado en U\$D
Conectores para lateral de riego o cinta de goteo	1	200	1	\$ 0.35	\$ 70.00	\$ 70.00
Valvula bola ni q h 2p ideal 090	1	7	1	\$ 42.00	\$ 294.00	\$ 364.00
Tapon hembra pvc b 3/4p	1	4	1	\$ 0.16	\$ 0.64	\$ 364.64
Adaptador hembra pvc f 2p	1	12	1	\$ 0.70	\$ 8.40	\$ 373.04
Adaptador macho pvc f 2p	1	6	1	\$ 0.65	\$ 3.90	\$ 376.94
Tubo pvc c/campana 100psi 2p	1	2	1	\$ 6.75	\$ 13.50	\$ 390.44
Tubo pvc c/campana 250psi a 3/4p	1	2	1	\$ 2.75	\$ 5.50	\$ 395.94
Subtotal						\$ 395.94
Total						\$ 479.51

4.3.4. Costo de producción.

Para determinar los costos de producción de semilla de caña de azúcar se consideró la preparación del terreno, el valor de los insumos, labores del cultivo, incluyendo la mano de obra y transporte (Cuadro 17).

Cuadro 17: Costos de labores agrícolas para producción de semilla de caña de azúcar.

Labores agrícolas						
Concepto	Área en ha	Insumos o número de pasos	Días/J	Costos en U\$D	Sub Total en U\$D	Total acumulado en U\$D
Medición de área	1	1	1	\$ 8.12	\$ 8.12	\$ 8.12
Excavación para instalación de tubería madre	1	1	1	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 158.12
Sub Total						\$ 158.12
Uso de maquinaria						
Concepto	Área en ha	Insumos o número de pasos	Días/J	Costos en U\$D	Sub Total en U\$D	Total acumulado en U\$D
Uso de tractor	1	1	1	\$ 40.00	\$ 40.00	\$ 40.00
Surcadora	1	1	1	\$ 35.00	\$ 35.00	\$ 75.00
Arado de disco	1	1	1	\$ 35.00	\$ 35.00	\$ 110.00
Rastra liviana	1	1	1	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 140.00
Rastra pesada	1	1	1	\$ 45.00	\$ 45.00	\$ 185.00
Sembradora	1	1	1	\$ 45.00	\$ 45.00	\$ 230.00
Sub-total						\$ 230.00
Insumos Agrícolas						
Concepto	Área en ha	Insumos o número de pasos	Días/j	Costos en U\$D	Sub Total en U\$D	Total acumulado en U\$D
Urea (qq)	1	3	1	\$ 22.00	\$ 66.00	\$ 66.00
Formula cañera (qq)	1	3	1	\$ 20.00	\$ 60.00	\$ 126.00
Sulfato de amonio	1	3	1	\$ 21.00	\$ 63.00	\$ 189.00
Ametrina (Lts)	1	1.5	1	\$ 25.00	\$ 37.50	\$ 226.50
Herbicidas Pre-emergente	1	1.5	1	\$ 35.00	\$ 52.50	\$ 279.00
Folear nutricional	1	1	1	\$ 35.00	\$ 35.00	\$ 314.00
Semilla por mz (Ton)	1	13	1	\$ 35.00	\$ 455.00	\$ 769.00

Subtotal					\$ 769.00
Gastos de transporte					
Concepto	No de visitas de campo	Km recorrido por visita	Precio de km recorrido (0.09 ctvs U\$D) si es en vehículo y transporte público es de 0,08 unitario en \$ USD	Sub Total en \$ USD	Total acumulado en U\$D
Visitas realizadas en vehículo propio	7	122	\$ 0.09	\$ 76.86	\$ 76.86
Transporte público (No de viajes)	15	122	\$ 0.04	\$ 73.20	\$ 150.06
Subtotal					\$ 150.06
Mano de obra y Viáticos					
Concepto	No de fertirriego	Km. recorrido por visita	Mano de obra = \$ 25.00 U\$D, desayuno = \$ 3,50 U\$D almuerzo = \$ 6,50 U\$D	Sub total en \$ USD	Total acumulado en U\$D
Desayuno	22	122	\$ 3.50	\$ 77.00	\$ 77.00
Almuerzo	22	122	\$ 6.50	\$ 143.00	\$ 220.00
Sub total					\$ 220.00
Total					\$1,527.18

4.3.5. Valor de la producción.

Se consideró la venta según la clasificación de la calidad de semillas de caña de azúcar que se obtuvo, el precio de la semilla puede variar según la calidad que está presente, luego se determinó la cotización de precios a mayorista de ciertos mercados locales. Para obtener el valor total de la producción para cada tratamiento se multiplico el precio unitario por la cantidad total de semilla obtenida (Ver Cuadro 18).

Cuadro 18: Proyección de ingresos de la venta de semilla por tratamiento y producción

Tratamientos	Área en Ha	Calidad de semilla	Ton/Ha	Precio/ton de semilla dependiendo de la calidad valores en U\$D	Sub Total en U\$D	Total acumulado en U\$D
T ₀	1	Primera calidad (55% de la producción total)	40.96	\$ 45.00	\$ 1,843.20	\$ 1,843.20
	1	Segunda calidad (35% de producción total)	16.68	\$ 33.33	\$ 555.94	\$ 2,399.14
	1	Tercera calidad (10% de producción total)	5.85	\$ 20.00	\$ 117.00	\$ 2,516.14
Sub-total			63.49			\$ 2,516.14
Total T₀			63.49		\$	2,516.14

Ton/mz

T ₁	1	Primera calidad (55% de la producción total)	43.96	\$ 45.00	\$ 1,978.20	\$ 1,978.20
	1	Segunda calidad (35% de producción total)	17.91	\$ 33.33	\$ 596.94	\$ 2,575.14
	1	Tercera calidad (10% de producción total)	6.27	\$ 20.00	\$ 125.40	\$ 2,700.54
Sub-total			68.14			\$ 2,700.54
Total T₁			68.14		\$	2,700.54
T ₂	1	Primera calidad (55% de la producción total)	38.37	\$ 45.00	\$ 1,726.65	\$ 1,726.65
	1	Segunda calidad (35% de producción total)	15.63	\$ 33.33	\$ 520.95	\$ 2,247.60
	1	Tercera calidad (10% de producción total)	5.47	\$ 20.00	\$ 109.40	\$ 2,357.00
Sub-total			59.47			\$ 2,357.00
Total T₂			59.47		\$	2,357.00
T ₃	1	Primera calidad (55% de la producción total)	46.48	\$ 45.00	\$ 2,091.60	\$ 2,091.60
	1	Segunda calidad (35% de producción total)	18.91	\$ 33.33	\$ 630.27	\$ 2,721.87
	1	Tercera calidad (10% de producción total)	6.62	\$ 20.00	\$ 132.40	\$ 2,854.27
Sub-total			72.01			\$ 2,854.27
Total T₃			72.01			
T ₄	1	Primera calidad (55% de la producción total)	38.65	\$ 45.00	\$ 1,739.25	\$ 1,739.25
	1	Segunda calidad (35% de producción total)	15.75	\$ 33.33	\$ 524.95	\$ 2,264.20
	1	Tercera calidad (10% de producción total)	5.51	\$ 20.00	\$ 110.20	\$ 2,374.40
Sub-total			59.91			\$ 2,374.40
Total T₄					\$	2,374.40

4.3.6. Ingreso neto.

Se consideró el ingreso neto como la diferencia entre los ingresos generados por la venta total de semilla de caña que se obtendrá en la producción menos los costos totales correspondiente al ciclo del cultivo de caña. (Ver Cuadro 19).

Cuadro 19: Detalle de los ingresos obtenidos de los diferentes programas de fertirrigación de NPK para producción de semilla de caña de azúcar.

Trat	Área (ha)	Prod. de semilla en Ton/ha	Ctd. ferti. util QQ	Costos de insumos agrícolas valores en U\$D	Costos de siembras valores en U\$D.	Costo de semila utilizada para la siembra valores en U\$D	Sistema de riego por goteo mat. y equi.	Ingresos por venta de semilla	Sub total primer corte valores en U\$D	Ingresos netos valores en U\$D primer corte
T ₀	1	63.49	4.84	\$110.62	\$ 411.82	\$ 1,260.00	\$ 1,905.33	\$ 2,516.14	-\$ 1,171.63	-\$ 1,171.63
T ₁	1	68.14	4.51	\$ 101.99	\$ 411.82	\$ 1,260.00	\$ 1,905.33	\$ 2,700.54	-\$ 978.60	-\$ 978.60
T ₂	1	59.47	2.34	\$ 46.72	\$ 411.82	\$ 1,260.00	\$ 1,905.33	\$ 2,357.00	-\$ 1266.87	-\$ 1266.87
T ₃	1	72.01	2.75	\$ 64.22	\$ 411.82	\$ 1,260.00	\$ 1,905.33	\$ 2,854.27	-\$ 787.10	-\$ 787.10
T ₄	1	59.91	2.97	\$ 69.65	\$ 411.82	\$ 1,260.00	\$ 1,905.33	\$ 2,374.40	-\$ 1,272.40	-\$ 1,272.40

4.3.7. Flujo de efectivo.

Consiste en obtener la disponibilidad efectiva de proyecto durante toda su vida útil, esto se determinará a través de los ingresos en efectivos generados por la venta total de la semilla de caña menos los egresos en efectivo correspondiente al periodo. (Ver Cuadro 19).

Cuadro 20: Detalle de flujo efectivo de las diferentes dosis de fertilización NPK aplicadas al cultivo de caña de azúcar, él se ha proyectado para dos cortes.

Tratamiento	Área (Ha)	Prod de semilla en Ton/Ha	Ctd fértil. Utili. QQ	Costos de insumos agrícolas valores en U\$D/Ha	Costos de siembras valores en U\$D/Ha	Sistema de riego por goteo mat. y equi.	ingresos por venta de semilla /Ha	Sub total primer corte	Total valores en U\$D primer corte	Sub total segundo corte	Total valores en U\$D segundo corte
T0	1	63.49	4.84	\$ 110.62	\$ 411.82	\$ 1,905.33	\$ 2,516.14	-\$ 89.03	-\$ 89.03	\$ 2,951.57	\$ 2,951.57
T1	1	68.14	4.51	\$ 101.99	\$ 411.82	\$ 1,905.33	\$ 2,700.54	\$ 103.99	\$ 103.99	\$ 2,942.95	\$ 2,942.95
T2	1	59.47	2.34	\$ 46.72	\$ 411.82	\$ 1,905.33	\$ 2,357.00	-\$ 184.27	-\$ 184.27	\$ 2,887.68	\$ 2,887.68
T3	1	72.01	2.75	\$ 64.22	\$ 411.82	\$ 1,905.33	\$ 2,854.27	\$ 295.50	\$ 295.50	\$ 2,905.17	\$ 2,905.17
T4	1	59.91	2.97	\$ 69.65	\$ 411.82	\$ 1,905.33	\$ 2,374.40	-\$ 189.80	-\$ 189.80	\$ 2,910.60	\$ 2,910.60

4.3.8. Flujo neto.

El flujo neto se determinó por la diferencia de la disponibilidad efectiva, menos el plan de financiamiento de la inversión y representa la utilidad que genera la deuda en el periodo desarrollado. (Cuadro 21).

Cuadro 21: Representa el flujo neto obtenido de los diferentes programas de fertirrigación utilizados para producción de semilla de caña de azúcar.

Tra	Área (Ha)	Prod semilla en Ton/ha	Ctd fert en QQ	Sub total primer corte	Total valores en U\$D primer corte	Sub total 2do corte	Total valores en U\$D 2do corte
T0	1	63.49	4.84	\$1.109.96	\$1,109.96	\$ 2,521.13	\$ 2,521.13
T1	1	68.14	4.51	\$1.285.74	\$1,285.74	\$2,881.30	\$ 2,881.30
T2	1	59.47	2.34	\$ 886.93	\$ 886.93	\$ 2,138.95	\$ 2,138.95
T3	1	72.01	2.75	\$1.401.70	\$1,401.70	\$ 3,150.99	\$ 3,150.99
T4	1	59.91	2.97	\$ 927.26	\$ 927.26	\$ 2,196.68	\$ 2,196.68

4.4. Indicadores económicos.

Para determinar los indicadores económicos como el valor presente líquido (VPL), la relación Beneficio-costos (B/C) y la tasa interna de retorno (TIR), se utilizaron los ingresos y egresos obtenidos en esta investigación; No se usaron los datos generados en años anteriores porque los datos de producción pueden variar entre periodos.

4.4.1. Valor presente líquido (VPL).

Para calcular el VPL, el flujo neto será costado en un solo periodo porque la semilla de caña es muy rentable y se pueden obtener grandes cantidades de semilla en pequeñas de áreas cultivadas. A continuación, se detallan los ingresos por cada tratamiento (Cuadro 22).

Cuadro 22: Valor Presente Líquido de los Fertidosis de NPK aplicado al cultivo de caña de azúcar para producción de semilla.

Tratamientos	VPL	Periodo de 5 cortes
T ₀	\$ 2.689.860,16	1 – 2
T ₁	\$ 2.681.643,42	1 – 2
T ₂	-\$ 2.628.991,39	1 – 2
T ₃	\$ 2.645.661,10	1 – 2
T ₄	-\$ 2.650.834,10	1 – 2

4.4.2. Relación Beneficio Costo. (B/C).

Este indicador permite determinar la recuperación de la inversión por las utilidades generadas por cada dólar invertido y está dada por beneficios actualizados entre costo actualizado. Al realizar el análisis financiero para la relación beneficio/costo para el proyecto denominado producción de semilla de caña de azúcar utilizando un sistema de riego por goteo, los resultados obtenidos muestran que el tratamiento T_3 es el único que tiene una rentabilidad de \$1.03 de dólar por \$1.00 dólar invertido, es decir que al finalizar el ciclo productivo el productor podrá mantener un ciclo de producción constante y si aplica una dosis equivalente a un 90% de Nitrógeno, Fosforo y Potasio, estará obteniendo los mismos resultados que si aplica una dosis mayor, la diferencia de los tratamientos es que según el análisis de la relación beneficio/costo el T_3 es el único tratamiento que da una utilidad equivalente a \$0.03 ctvs, los costos de producción se verán reflejados en la reducción de mano de obra, otro aspecto importante es que se hará un mejor uso de los insumos utilizados para producción de semilla de caña de azúcar, la inversión y costos de mantenimiento para el desarrollo del cultivo se detallan en el Cuadro 23.

Cuadro 23: Representación de la relación beneficio/costo de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Ingresos	Costos de inversión	Beneficio/costo	Total
T_0	\$ 2.516,14	\$ 2.823,71	\$ 0,89	\$ 0,89
T_1	\$ 2.700,54	\$ 2.815,08	\$ 0,96	\$ 0,96
T_2	\$ 2.357,00	\$ 2.759,81	\$ 0,85	\$ 0,85
T_3	\$ 2.854,27	\$ 2.777,31	\$ 1,03	\$ 1,03
T_4	\$ 2.374,40	\$ 2.782,74	\$ 0,85	\$ 0,85

4.4.3. Tasa interna de retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN)

Para calcular la tasa interna de retorno y el valor actual neto se consideró la actualización del valor del flujo neto que representa la rentabilidad del dinero que se invirtió debido a que puede pagar una tasa de interés más elevada a que la tasa de mercado ofrece. Todos los parámetros

mencionados anteriormente se realizaron para cada tratamiento. Por medio del uso de las herramientas financieras VAN y TIR se evaluaron los 4 programas de fertirrigación para producción de semilla de caña de azúcar, los resultados demostraron que el tratamiento T₃ fue uno de los programas de fertirrigación que se propuso genero una VAN equivalente a \$1328.18 con una TIR de 125% y una tasa de un 12%, para un período de 5 años. Los valores indican que el cultivo es rentable si se utiliza una dosis equivalente a 90% de NPK, si se disminuye la dosis o se incrementa la utilidad generada por el proyecto estará influenciada por otros factores dando paso a que no se recupere la inversión realizada. (Cuadro 24).

Cuadro 24: Análisis de VAN y TIR para los ingresos obtenidos en diferentes periodos (valores expresados en meses y en USD).

Tra	01 - '06	07 - '13	14 - '20	21 - '26	TASA	VAN	TIR
T ₀	-\$1,651.14	\$ 2,516.14	\$ 4,103.92	\$ 5,686.71	10.00%	\$ 5,336.02	177 %
T ₁	-\$1,458.11	\$ 2,700.54	\$ 4,657.12	\$ 6,432,93	10.00%	\$ 996.93	85%
T ₂	-\$1,746.38	\$ 2,357.00	\$ 3,626.50	\$ 5,114,04	10.00%	\$ 396.35	35%
T ₃	-\$1,266.61	\$ 2,854.27	\$ 5,118.31	\$ 7,085,63	10.00%	\$ 1,328.18	125 %
T ₄	-\$1,751.91	\$ 2,374.40	\$ 3,678.70	\$ 5,160,71	10.00%	\$ 406.64	36%

4.4.4. Valor Presente Liquido (VPL)

Por medio del análisis económico realizado a los datos obtenidos de los 4 programas de fertirrigación que se evaluaron para producción de semilla de caña de azúcar considerando como referencia la dosis de NPK que utiliza Ingenio El Ángel, los resultados mostraron que, al proyectar el ciclo para 2 cortes, los ingresos que se estarán generando son positivos lo que indica que al finalizar el productor de semilla de caña de azúcar tendrá un ingreso favorable el cual ayudara a cancelar los compromisos adquiridos con la banca o institución financiera, según los resultados del análisis muestra que los tratamientos T₀, T₁ y T₃ son los tratamientos mejor evaluados.

Cuadro 25. Valor Presente Liquido de los diferentes programas de fertirrigación para producción de semilla.

Tratamientos	VPL	Periodo de 2 cortes
T ₀	\$ 2.689.860,16	1 – 2
T ₁	\$ 2.681.643,42	1 – 2
T ₂	-\$ 2.628.991,39	1 – 2
T ₃	\$ 2.645.661,10	1 – 2
T ₄	-\$ 2.650.834,10	1 – 2

5. CONCLUSIONES.

Al evaluar cuatro programas de fertirrigación con diferentes niveles en porcentaje de NPK que fueron aplicados por medio de riego por goteo al cultivo de caña de azúcar cultivo enfocado para producción de semilla, se proyectó que hubiera una diferencia en los diferentes programas de fertirrigación, según los análisis estadísticos el p valor < 0.05 todos los programas de fertirrigación producen los mismos resultados en el desarrollo del cultivo.

Al utilizar un programa de fertirrigación se favorece el desarrollo del cultivo de caña de azúcar siempre y cuando se realice un manejo adecuado de las labores agrícolas, de igual manera el productor de semilla está asegurando una producción constante considerando que ya no tendrá problemas para aplicación de agua y NPK de igual manera mejorará los ingresos económicos, que serán necesarios para poder cancelar los créditos generados por la inversión para la producción de semilla de caña de azúcar con riego por goteo.

Para ayudar en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar se debe de aplicar una dosis idónea de NPK considerando que se aplique en el momento necesario y de igual manera se aplique en el momento que la planta lo requiere, con el uso de un programa de fertirrigación se busca brindar agua y fertilización al cultivo de caña de azúcar y de igual manera reducir los costos generados por la producción de semilla.

Para la producción de semilla de caña de azúcar es necesario que se haga uso de nuevas tecnologías que al final ayudan a mejorar el desarrollo del cultivo ya que no se está afectando o dañando el sistema radicular en el momento de aplicar un fertilizante. Para producir semilla de caña de azúcar de buena calidad, se debe de utilizar un programa de fertirrigación equivalente a una dosis de 87.75 Kg/Ha de Nitrogeno, 65.88Kg/Ha de Fosforo, 72.46 Kg/Ha y 60Kg/Ha de S, según el análisis de la relación beneficio costo se está obteniendo \$ 1.03 de dólar por cada \$ 1.00 dólar invertido, con el uso del sistema de riego por goteo se genera un rendimiento de semilla constante el cual paga los costos asociados a la inversión realizada.

6. RECOMENDACIONES.

Se recomienda utilizar una dosis de 80% de NPK. Equivalente a 78 Kg/Ha de N, 58.56 Kg/Ha de P y 64.41 Kg/Ha de K. al recomendar este programa de fertirrigación se brindará al cultivo la cantidad necesaria de NPK para favorecer el desarrollo de la altura del tallo, además se brinda la nutrición en el momento que el cultivo lo requiere y se reducen los costos de producción ya que solo se aplica la cantidad necesaria de NPK.

Se recomienda utilizar 87.75 Kg/Ha de N, 65.88 Kg/Ha de P y 72.46 Kg/Ha de K. (90% de NPK). Para la producción de tallos de caña de azúcar, sin olvidar que la producción de tallos no solo depende del manejo agrícola que se le brinde al cultivo, también depende de las condiciones ambientales que hay alrededor del cultivo y la genética.

El desarrollo del diámetro favorece el almacenamiento de energía para las futuras plantas de caña de azúcar se recomienda utilizar 87.75 Kg/Ha de N, 65.88 Kg/Ha de P y 72.46 Kg/Ha de K. el desarrollo está acompañado de un buen manejo agrícola que se le brinde al cultivo, además de la cantidad de agua suministrada y Fosforo disponible en el suelo

Para tener un promedio de 12.88 nudos por tallo se recomienda utilizar un programa de fertirrigación equivalente a 90%, sin olvidar que es necesario realizar un estudio de suelo y mantener un programa de fertirrigación. 87.75 Kg/Ha de N, 65.88 Kg/Ha de P y 72.46 Kg/Ha de K.

La producción de yemas en el cultivo de caña de azúcar está relacionada con la cantidad de nitrógeno y potasio que se aplique, se recomienda utilizar una dosis equivalente a . 87.75 Kg/Ha de N, 65.88 Kg/Ha de P y 72.46 Kg/Ha de K.

Para poder tener una buena producción de semilla de caña de azúcar que cubra los costos de inversión se recomienda utilizar el T₃ que es un programa de fertirrigación el cual es una dosis equivalente a 87.75 Kg/Ha de N, 65.88 Kg/Ha de P, 72.46Kg/Ha. Con base a los resultados de los análisis estadísticos se recomienda utilizar una dosis que esté compuesta en 90% de NPK.

Se recomienda realizar un control de roedores por el daño que ocasionan en la etapa de germinación de las plantas y posteriormente en la fase de riego, al realizar el control sanitario se evita tener fugas de agua y fertilizante, ya que la presencia de roedores (ratas, conejos y otros), muerden el lateral de riego, con base a las experiencias vividas se recomienda enterrar el lateral de riego para que no lo dañen (Figura. A- 15).

7. BIBLIOGRAFÍA.

Arguello Marengo, P., & Berríos Padilla, T. (1998). *Efecto de diferentes dosis de NPK en el rendimiento agroindustrial en caña planta de la variedad L 68-40 (Saccharum sp.), sobre suelos vertisoles* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).

Arguello Zapata, Eduardo Francisco and Lacayo Cortez, René Federico (1996). Evaluación de diferentes niveles de NPK en Caña de Azúcar (*Saccharum* sp en retoño 1). *Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria, UNA.*

Aguilar F. 1981. El cultivo de la caña de azúcar. Manual de recomendaciones CAFESA. San Jose Costa Rica p. 30 - 32

Alexander. A. 1985. The energy cane alternative (Sugar Series, 6). Universidad Río Piedras Puerto Rico. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, the Netherlands 509 p.

Cámara M. 2012. Fertirrigación Alicante, España (En línea). Consultado el 13 de abril de 2018. Disponible en <http://www.fertirrigacion.com/que-es-la-fertirrigacion/>.

Chaves M. 2002. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica (en línea). Nutrición del cultivo. Consultado 26 ene. 2018. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/cana/NUTRI%20Y%20FERT.html>.

CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, México). 2015. Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (***Saccharum officinarum*** L.). (En línea). Consultado el 24 de ene. de 2018. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tcnica_Ca_a_de_Az_car.pdf.

Granados Rivas, A., Márquez Henríquez, V. A., & Ramírez Machado, J. A. (2003). *Evaluación del efecto de dos bioestimulantes (ETHREL 48 SL y PROFERT) en la germinación de tres variedades (CP 72-2086, Mex 79-431 y PR 83-1172) de caña de azúcar (Saccharum officinarum)* (Doctoral dissertation, FMO, UES). (En Línea), Consultado el 2 de febrero de 2019. Disponible en. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4125>.

Guzman, P.A. (1971). Diccionario geográfico de El Salvador. Editado por el ministerio de Obras Públicas, Instituto Geografico Nacional, 1.

IICA 2017, Riego por goteo y fertirrigación en caña de azúcar, Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San Salvador, El Salvador.

INGENIO LA CABAÑA 1999 Guía Técnica del Cultivo de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*) San Salvador, El Salvador Pág. 10,24

INGENIO EL ANGEL 2018: Charla técnica de generalidades de semillero de caña de azúcar El Salvador.

Kafkafi U. Y Tarchitzky J. 2012 Fertirrigación Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua, Traducción al español: R. Melgar, Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA), Instituto Internacional de la Potasa (IIP), París, Francia y Horgen, Suiza. Pág. 17.

MAG, 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

Martinez Barrera L 1998, MANUAL DE FERTIRRIGACIÓN, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN (INIA), CHILE.

MARN-2018, Estación meteorológica Aeropuerto Mons. Romero, Monitoreo de temperaturas extremas, Perfiles Climatológicos, Caracterización de condiciones meteorológicas en El Salvador, Boletín Agro meteorológico Decádico, Boletín Climatológico Mensual.

OCÉANO, 2000. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Océano / Centrum. España. 1032 p.

Pérez O, (2001). Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Síntesis de resultados de investigación en la zona cañera de Guatemala. En: Memoria del X Congreso Nacional de ATAGUA, Guatemala. P. 98-104.

Quiroz A; Clinton W. 1962 Levantamiento General de Suelos de La Republica de El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador.

Romero, B, 2012. Clasificación de suelos por división política de El Salvador, C.A. Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG El Salvador, Director General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, DIVISIÓN DE RIEGO Y DRENAJE ÁREA DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA DE RIEGO. Págs. 2, 3 y 37.

Ruiz C., J.A., G. Medina G., eta... 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.

Sánchez, O. A., & Velázquez Arriola, L. D. (2004). *Efecto de aplicaciones de NPK sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar (Saccharum sp híbrido) variedad C87-51 en caña planta en el IBZ-CASUR SA, Potosí, Rivas* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).

8. ANEXOS.

Cuadro A-1: ANOVA para la variable Altura de tallo (semilla de caña de azúcar).

Análisis de la varianza para variable altura de tallo cosechado					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Obs	20	0.45	0.13	5.58	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1226.35	7	175.19	1.41	0.2878
BL	732.49	3	244.16	1.96	0.1738
TR	493.86	4	123.46	0.99	0.4490
Error	1494.51	12	124.54		
Total	2720.86	19			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=20.95484					
Error: 124.5425 gl: 12					
BL	Medias	n	E.E.		
B3	191.33	5	4.99	A	
B2	199.77	5	4.99	A	
B1	200.21	5	4.99	A	
B4	208.44	5	4.99	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=25.15270					
Error: 124.5425 gl: 12					
TR	Medias	n	E.E.		
T0	191.63	4	5.58	A	
T4	199.66	4	5.58	A	
T2	199.91	4	5.58	A	
T1	201.28	4	5.58	A	
T3	207.19	4	5.58	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Cuadro A-2: Resultados de prueba de Kruskal Wallis para la variable Altura de tallo de caña de azúcar.

Prueba de Kruskal Wallis							
Variable	TR	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Obs	T0	4	191.63	7.98	189.92	3.59	0.4646
Obs	T1	4	201.28	8.61	199.38		
Obs	T2	4	199.91	14.14	194.95		
Obs	T3	4	207.19	12.89	206.95		
Obs	T4	4	199.66	15.45	206.05		

Cuadro A-3: Análisis de Varianza para la variable número de tallos cosechados por metro lineal.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Observaciones	20	0.39	0.04	15.85		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	42.15	7	6.02	1.10	0.4206	
Bloques	18.15	3	6.05	1.11	0.3845	
Tratamientos	24.00	4	6.00	1.10	0.4016	
Error	65.60	12	5.47			
Total	107.75	19				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.39023						
Error: 5.4667 gl: 12						
Bloques	Medias	n	E.E.			
B3	13.80	5	1.05 A			
B4	14.00	5	1.05 A			
B2	15.00	5	1.05 A			
B1	16.20	5	1.05 A			
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</i>						
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.26972						
Error: 5.4667 gl: 12						
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T4	13.00	4	1.17 A			
T2	14.00	4	1.17 A			
T3	15.25	4	1.17 A			
T0	15.50	4	1.17 A			
T1	16.00	4	1.17 A			
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05).</i>						

Cuadro A-4: Resultados de la prueba de Kruskal – Wallis para la variable en estudio
No de tallos cosechados de caña de azúcar.

Prueba de Kruskal Wallis							
Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H _p
Observaciones	T0	4	15.50	2.08	15.50	4	3.94 0.3982
Observaciones	T1	4	16.00	2.16	16.50		
Observaciones	T2	4	14.00	3.16	14.50		
Observaciones	T3	4	15.25	2.06	15.00		
Observaciones	T4	4	13.00	2.16	12.50		

Cuadro A-5: Detalle de los resultados de ANVA para la variable diámetro de tallo cosechado.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Obs	20	0.49	0.19	3.92	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.10	7	0.01	1.64	0.2167
BL	0.03	3	0.01	1.25	0.3346
TR	0.06	4	0.02	1.92	0.1713
Error	0.10	12	0.01		
Total	0.20	19			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.17136					
Error: 0.0083 gl: 12					
BL	Medias	n	E.E.		
B1	2.28	5	0.04	A	
B3	2.30	5	0.04	A	
B2	2.36	5	0.04	A	
B4	2.37	5	0.04	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.20569					
Error: 0.0083 gl: 12					
TR	Medias	n	E.E.		
T2	2.24	4	0.05	A	
T3	2.31	4	0.05	A	
T1	2.32	4	0.05	A	
T5	2.38	4	0.05	A	
T4	2.40	4	0.05	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Cuadro A-6: Resultados de la prueba de Kruskal – Wallis para la variable en estudio diámetro de tallo cosechado de caña de azúcar.

Prueba de Kruskal Wallis								
Variable	TR	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	H	_p
Obs	T0	4	2.32	0.04	2.32	10.38	8.12	0.0864
Obs	T1	4	2.24	0.03	2.23	4.13		
Obs	T2	4	2.31	0.17	2.29	9.38		
Obs	T3	4	2.40	0.10	2.37	14.50		
<u>Obs</u>	<u>T4</u>	<u>4</u>	<u>2.38</u>	<u>0.05</u>	<u>2.37</u>	<u>14.13</u>		

Cuadro A-7: Análisis de la varianza para la variable en estudio número de entrenudos por tallo cosechado.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Obs	20	0.35	0.00	6.49	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.55	7	0.65	0.93	0.5170
Bloques	1.10	3	0.37	0.52	0.6741
Tratamientos	3.45	4	0.86	1.24	0.3467
Error	8.37	12	0.70		
Total	12.91	19			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.56776					
Error: 0.6971 gl: 12					
Bloques	Medias	N	E.E.		
B ₄	12.62	5	0.37	A	
B ₃	12.77	5	0.37	A	
B ₂	12.84	5	0.37	A	
B ₁	13.25	5	0.37	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.88182					

Error: 0.6971 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T ₀	12.05	4	0.42	A	
T ₃	12.97	4	0.42	A	
T ₁	13.04	4	0.42	A	
T ₄	13.08	4	0.42	A	
T ₂	13.20	4	0.42	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

Cuadro A-8: Análisis de varianza para la variable promedio de número de yemas obtenidas por tallo cosechado.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
No de yemas prod. Por tallo	20	0.46	0.15	8.61	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.52	7	1.22	1.46	0.2685
Bloques	2.06	3	0.69	0.83	0.5050
Tratamientos	6.46	4	1.61	1.94	0.1684
Error	9.99	12	0.83		
Total	18.51	19			
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.71308					
Error: 0.8323 gl: 12					
Columna2	Medias	n	E.E.		
B4	10.23	5	0.41	A	
B3	10.36	5	0.41	A	
B2	10.79	5	0.41	A	
B1	11.02	5	0.41	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.05626					
Error: 0.8323 gl: 12					
Columna1	Medias	n	E.E.		
T0	9.48	4	0.46	A	
T1	10.79	4	0.46	A	
T4	10.8	4	0.46	A	
T2	10.9	4	0.46	A	
T3	11.03	4	0.46	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

Cuadro A-9: Resultados finales de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable número de entrenudos por tallo cosechado.

Prueba de Kruskal Wallis							
Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Obs	T ₀	4	12.05	1.37	12.25	4.50	0.3405
Obs	T ₁	4	13.04	0.21	12.94		
Obs	T ₂	4	13.20	0.73	13.45		
Obs	T ₃	4	12.97	0.19	12.88		
Obs	T ₄	4	13.08	0.82	13.09		

Cuadro A-10: Resultados de la Prueba de Kruskal Wallis para la variable número de yemas por tallo cosechado.

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Observaciones	T ₀	4	9.48	1.54	9.83	5.27	0.2602
Observaciones	T ₁	4	10.79	0.36	10.89		
Observaciones	T ₂	4	10.90	0.84	11.03		
Observaciones	T ₃	4	11.03	0.33	11.06		
Observaciones	T ₄	4	10.80	0.84	10.95		

Cuadro A-11: Resultados de ANVA para la variable rendimiento de semilla de caña de caña de azúcar (Ton/Ha).

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento de semilla Ton..	20	0.16	0	35.2	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2244.51	7	320.64	0.32	0.9327
Bloques	774.27	3	258.09	0.25	0.8569
TRATAMIENTOS	1470.24	4	367.56	0.36	0.831
Error	12184.24	12	1015.35		
Total	14428.75	19			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=59.83211					
Error: 1015.3534 gl: 12					
Bloques	Medias	n	E.E.		
B3	84.08	5	14.25	A	
B4	87.33	5	14.25	A	
B2	90	5	14.25	A	
B1	100.67	5	14.25	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=71.81821					
Error: 1015.3534 gl: 12					
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T2	79.17	4	15.93	A	
T4	85.83	4	15.93	A	
T0	87.08	4	15.93	A	
T1	97.5	4	15.93	A	
T3	103.02	4	15.93	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Cuadro A-12: Prueba de Kruskal Wallis para la variable producción de semilla de caña de azúcar valores expresados en Ton/ha.

Prueba de Kruskal Wallis para rendimiento de semilla								
Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
Rendimiento de semilla Ton.	T0	4	87.08	42.52	90.83	4	1.11	0.8915
Rendimiento de semilla Ton.	T1	4	97.5	20.25	98.33			
Rendimiento de semilla Ton.	T2	4	79.17	25.73	85			
Rendimiento de semilla Ton.	T3	4	93.53	27.93	88.53			
Rendimiento de semilla Ton.	T4	4	85.83	29.74	73.33			



Figura A-1: Instalación de vena central o conexión madre para poder distribuir los laterales de riego con cada válvula de paso.



Figura A-2: Establecimiento de Sistema de riego por goteo para producción de semilla de caña de azúcar.



Figura A-3: Instalación de sistema de riego por goteo, calibración de manómetros y limpieza de filtro.



Figura A- 4: Aplicación de solución madre al cultivo de caña de azúcar.



Figura A- 5: Aplicación de riego por goteo para caña de azúcar.



Figura A - 6 Producción promedio de semilla en 1 metro lineal de caña de azúcar 185 días después de la siembra.



Figura A- 7: Desarrollo de las primeras plántulas de caña de azúcar destinadas para producción de semilla en un periodo de 10 días.



Figura A-8: Desarrollo del cultivo de caña de azúcar a los 38 días después de la siembra.



Figura A-9: Desarrollo del cultivo a los 59 días después de siembra.



Figura A-10: Desarrollo del cultivo a los 66 días después de siembra.



Figura A-11: Desarrollo del cultivo a los 72 días después de siembra.



Figura A- 12: Desarrollo del cultivo después de 115 días de siembra.



Figura A- 13: Desarrollo del cultivo a los 160 días después de siembra.



Figura A -14: Problemas de roedores que provocan fugas con el sistema de riego por goteo.