

**Universidad de El Salvador**  
**Facultad de Ciencias Agronómicas**  
**Dirección de investigación**

Código: PI- 1906

**TITULO**

**Evaluación de cuatro programas de fertirrigación y su influencia en la producción de semilla de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el municipio de Santiago Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador, 2019.**

**Requisito para optar al título de: Ingeniero Agrónomo**

<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Teléfono y Correo Electrónico</b>	<b>Firma</b>
Br. Fernando Antonio Cañas García	Residencial Nobles de la Escalón, Senda Mesina, # 25, San Salvador	79696729 <a href="mailto:canasf85@gmail.com">canasf85@gmail.com</a>	

**AUTOR**

<b>Nombre y formación académica</b>	<b>Lugar de trabajo</b>	<b>Teléfono y correo electrónico</b>	<b>Firma</b>
Ing. M.Sc. José Mauricio Tejada Asencio	Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Final 25 Avenida Norte, San Salvador, El Salvador.	76332415 <a href="mailto:jmtejadaes@yahoo.es">jmtejadaes@yahoo.es</a>	
Ing. Jairo Aarón Vigil Sánchez	Ingenio El Ángel. Km. 14 ½ Carretera a Quezaltepeque, Apopa, San Salvador, El Salvador	77364869 <a href="mailto:jairo.vigil@ingenioelangel.com.sv">jairo.vigil@ingenioelangel.com.sv</a>	
Ing. Henry Emerson Fabian Romero	Ingenio El Ángel. Km. 14 ½ Carretera a Quezaltepeque, Apopa, San Salvador, El Salvador.	<a href="mailto:henry.fabian@ingenioelangel.com.sv">henry.fabian@ingenioelangel.com.sv</a>	

**DATOS DE LOS DOCENTES DIRECTORES**

**Visto Bueno**

Coordinador General de procesos de graduación del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.	
Ing. M. Sc. Nelson Bernabé Granados Alvarado	Firma:
Director general de procesos de graduación de la Facultad de Ciencias Agronómicas	
Ing. Agr. Enrique Alonso Alas Garcia	Firma:
Jefe del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.	
Ing. M.Sc. José Mauricio Tejada Asencio	Firma:
	Sello:
<b>Fecha:</b> Ciudad Universitaria 1 de febrero de 2021.	

**Título:** Evaluación de cuatro programas de fertirrigación y su influencia en la producción de semilla de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el municipio de Santiago Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador, 2019.

Cañas- García, F.A<sup>1</sup>, Tejada- Asencio, J.M<sup>1</sup>, Vigil- Sanchez, J.A<sup>2</sup>, Fabian- Romero, H.E<sup>2</sup>,

### **RESUMEN.**

La investigación se desarrolló en el Cantón San Francisco, El Porfiado, Jurisdicción de Santiago Nonualco, Departamento de La Paz, El Salvador (Guzmán 1971). El estudio se inició el 19 de febrero de 2019 y se finalizó el 28 de agosto de 2019.

Se evaluaron cuatro programas de fertilización (Fertirriego) utilizando un diseño estadístico de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos en estudio quedaron de la siguiente manera  $T_0$  = Dosis de fertilizante (NPK).al 100%, dosis establecidas por Ingenio El Ángel, con base a los resultados obtenidos del análisis de suelo realizado en la propiedad se realizó un programa de fertirriego para el cultivo de caña de azúcar, los tratamientos quedaron de la siguiente distribución,  $T_1$  = Dosis de fertilizante (NPK) al 110%,  $T_2$  = Dosis de fertilizante (NPK) al 80%,  $T_3$  = Dosis de fertilizante (NPK) al 90% y  $T_4$  = 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 tomó datos de un 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.

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

1. Universidad de El Salvador. Facultad de ciencias Agronómicas. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.  
Tejada- Asencio, J.M<sup>1</sup>, Cañas- García, F.A<sup>1</sup>,
2. Ingenio El Ángel. Departamento de Riegos., Vigil- Sanchez, J.A<sup>2</sup>, Fabian- Romero, H.E<sup>2</sup>,

## ABSTRACT

The research was developed in the Canton San Francisco, El Porfiado, Jurisdiction of Santiago Nonualco, Department of La Paz, El Salvador (Guzmán 1971). The study started on February 19, 2019 and ended on August 28, 2019.

Four fertilization programs (Fertirrigation) 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%, doses established by Ingenio El Ángel Based on the results obtained from the soil analysis carried out on the property, a fertigation program was carried out for the cultivation of sugar cane, the treatments were of the following distribution, T1 = Fertilizer dose (NPK) at 110%, T2 = Fertilizer dose (NPK) at 80%, T3 = Fertilizer dose (NPK) at 90% and T4 = Fertilizer dose (NPK) at 120%; It was evaluated which dose of NPK provided better yields in the production of sugarcane seed. Each experimental unit was composed of three rows of which data was being taken from 1 row per treatment, the data were collected at 28 days. The variables that were evaluated were: Harvested stem height, stem diameter, number of internodes per plant, number of stems per linear meter, number of buds per stem and average production of sugarcane seed (Ton / Ha) for each treatment.

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

## 1. INTRODUCCIÓN

La poca dependencia sobre las prácticas de riego para el manejo del cultivo de caña de azúcar da paso a tener bajas producciones de semilla, por la falta de riego normalmente todos los años se pierden entre un 7% a un 12% del cultivo de caña de azúcar por ha, pérdidas que se ven reflejas en los rendimientos de semilla (Ton/ha) a la hora de la cosecha, generando pérdida económica, debido a que no se 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, por ejemplo, porcentaje de germinación, condiciones ambientales climáticas y número de fertilizaciones químicas brindadas al cultivo.

**Pérez O**, en el 2001. En el congreso de La Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA), mostró los resultados de un estudio en el que concluyó 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 los 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 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 NPK, distribuidos con base al desarrollo y requerimiento del cultivo.

En El Salvador un poco más del 90% de semilla de caña se cultiva con precipitación natural, que se registra durante el año, en un ciclo aproximado de 5 a 7 meses. Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo principal disminuir los costos de producción asociados con el riego brindado al cultivo de caña de azúcar, además, el productor ayudara en el desarrollo de la planta y mejorar la producción de semilla. Se pretende avanzar en el uso de nuevas tecnologías para cambiar los riegos tradicionales (Canales de inundación, gravedad, aspersión) los mismos que se han mantenido durante muchas generaciones para la producción de caña de azúcar. Prácticas que se dan hoy en día sin incluir la competencia.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **2.1 Ubicación**

La investigación se realizó en periodo de febrero de 2019 y se finalizó en la cuarta semana de agosto de 2019, 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. Con coordenadas geográficas Latitud 13.35489119 y Longitud -88.99510940 sobre 8 msnm. Jurisdicción de Santiago Nonualco, Ciudad del Departamento de La Paz (Guzmán 1971).

### **2.2 Materiales y equipos**

Para realizar la investigación se utilizó cinta métrica graduada, un GPS, cámara fotográfica, un sistema de riego por goteo, taladro percutor, sistema Venturi, tubería PVC de 3 pulgadas, válvula de bola y válvula de cierre central.

### **2.3. Variables en estudio.**

Las variables que se utilizaron para la investigación fueron, altura de la planta, diámetro del tallo de las plantas, numero de entre nudos por planta (ver cuadro 3), numero de yemas por tallo cosechado, numero de tallos por surco y peso del tallo.

**Cuadro 3:** Detalle de las variables evaluadas y unidades de medición utilizadas.

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Unidad de medida de cada variable</b>
Altura de la planta	Centímetros
Diámetro del tallo	Centímetros
Número de entrenudos por planta	Unidad
Numero de yemas por planta	Unidad
Numero de tallos cosechados por m	Unidad/metros
Peso del tallo	Ton/Ha

### **2.4. Evaluación económica.**

El objetivo de la evaluación fue comprobar el resultado de la producción que se obtuvo basado en la utilidad, con el margen de rentabilidad que a mediano plazo solvento los costos de inversión.

#### **2.4.1 Costo de riego.**

Para la evaluación de costos se utilizaron indicadores económicos, valor presente líquido, relación beneficio/ costo y la tasa interna de retorno.

## 2.5 Metodología estadística

### 2.5.1 Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado fue un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, fueron dosis aplicadas al cultivo por medio de un sistema de riego por goteo, con el estudio se proyectaba encontrar una dosis de fertilizante que produjera mejores rendimientos en la producción de semilla.

### 2.5.2 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 <sub>0</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>
T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>4</sub>
T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>
T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>

### 2.5.3 Tratamiento

Cada tratamiento consistió en una dosis diferente de NPK, aplicada en cada área utilizada para establecimiento, desarrollo y producción de semilla de caña de azúcar, la distribución de los tratamientos y las dosis aplicadas en porcentajes de NPK fue: El tratamiento T<sub>0</sub> fue la dosis testigo 100% NPK. Dosis establecida por Ingenio El Ángel, con base a estudio de suelo que se realizó previo en la zona. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: T<sub>1</sub> consistió en una dosis equivalente a 110% de NPK. La dosis más baja fue de 80% de NPK y corresponde a T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> se utilizó para evaluar una dosis equivalente a 90% de NPK con base al testigo T<sub>0</sub>, finalmente. T<sub>4</sub> fue la dosis con mayor porcentaje de 120% de NPK aplicada cultivo de caña de azúcar (Cuadro 2).

**Cuadro 2:** Dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio utilizadas por programa de fertirrigación Kg/ha.

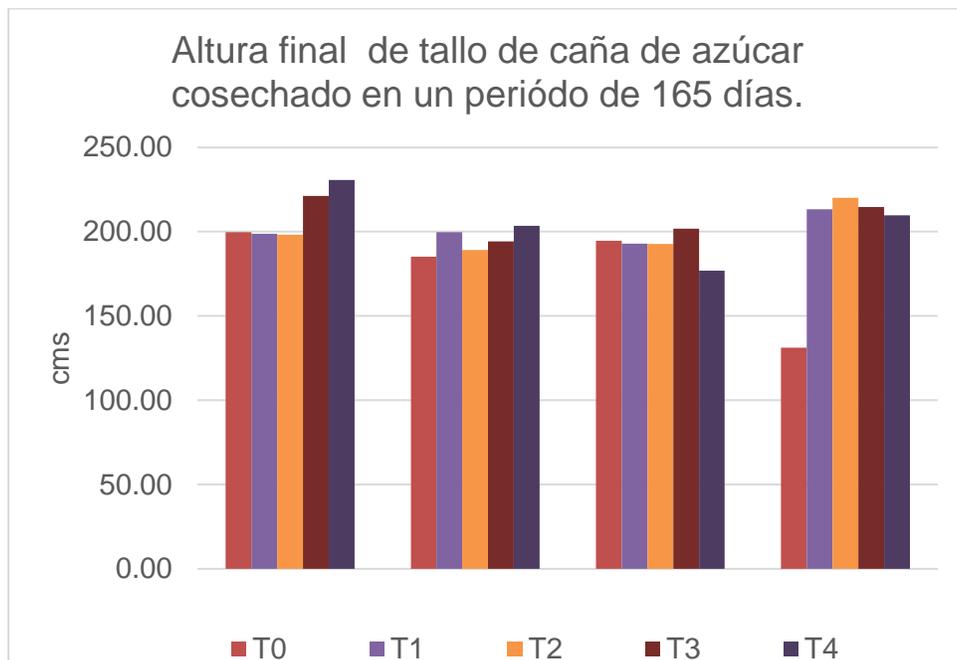
Tratamientos	Nivel de la dosis en %	N	P	K	S
T <sub>0</sub>	100%	97.5	73.2	80.52	60

T <sub>1</sub>	110%	107.25	80.52	88.57	60
T <sub>2</sub>	80%	78	58.56	64.41	60
T <sub>3</sub>	90%	87.75	65.88	72.46	60
T <sub>4</sub>	120%	117.5	87.84	96.62	60

### 3 RESULTADOS Y DISCUSION.

#### 3.1. Altura final de tallo cosechado.

Se realizó la medición desde el primer entrenudo desde el suelo hasta el último anillo de la planta.



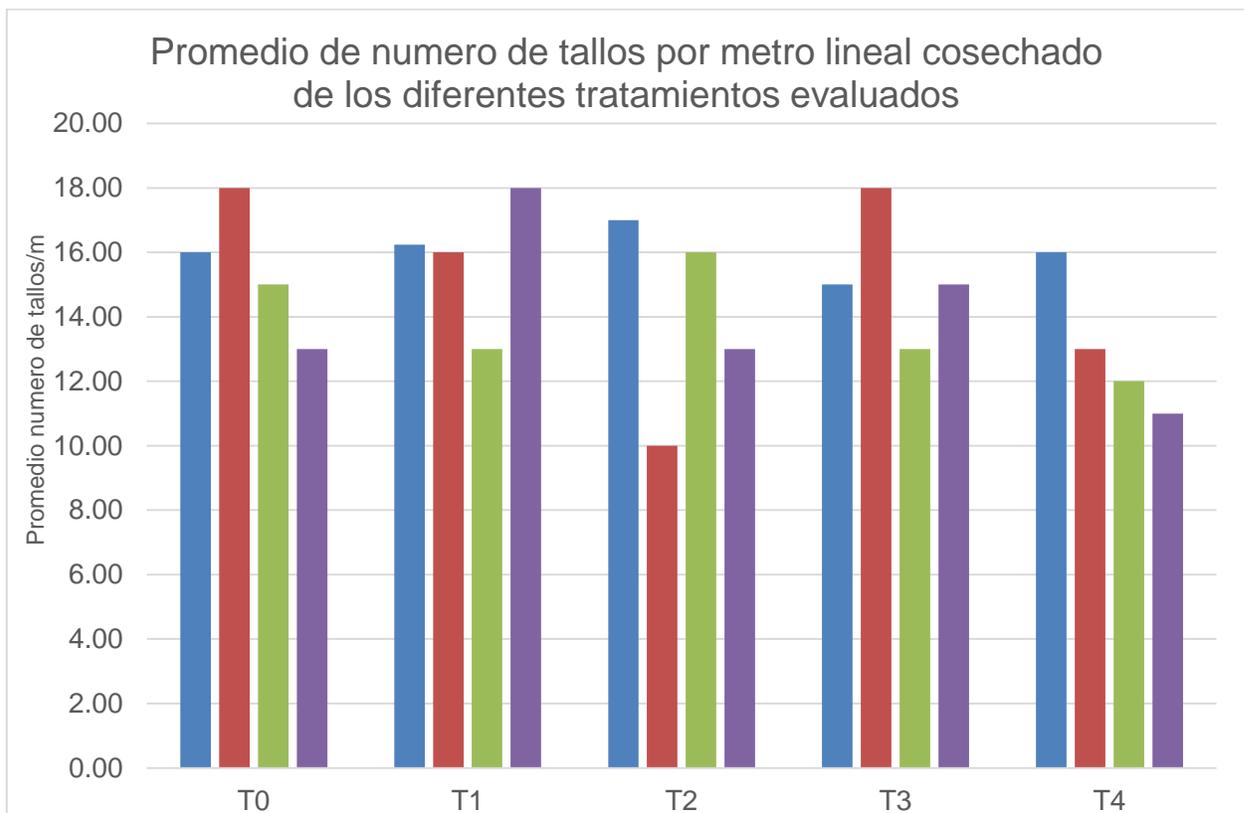
**Figura 1:** Muestra el promedio de la altura final de tallo cosechado por cada tratamiento y cada repetición.

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, por lo que se optó realizar las pruebas no paramétricas, en este caso de Kruskal Wallis. Al aplicar las pruebas se obtuvo un p valor de 0.464, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula. Este resultado nos indica que 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 favoreció el desarrollo de los tallos logrando una altura que permita sacar semilla de caña de azúcar de buena calidad.

### 3.2. 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, en la Figura 2, se observan los promedios obtenidos.



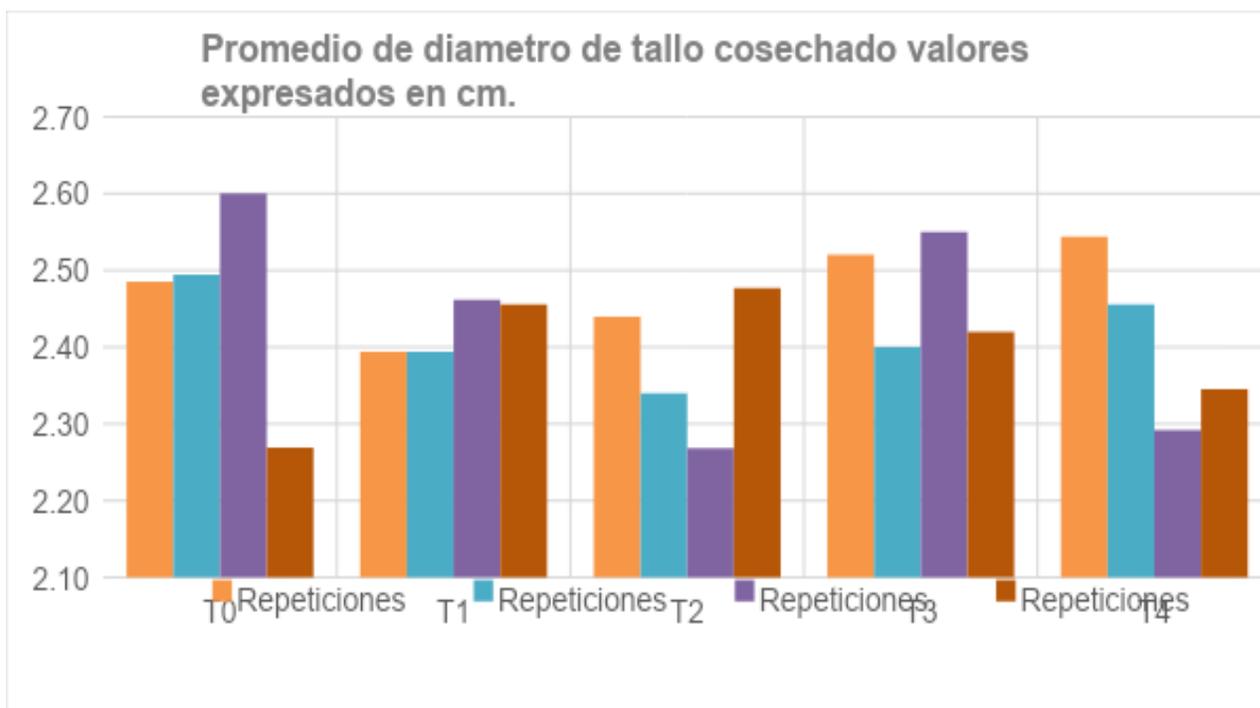
**Figura 2:** Número de tallos por metro lineal con diferentes dosis de fertilizante NPK.

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, por lo que se optó realizar las pruebas no paramétricas, en este caso de Kruskal Wallis. Al aplicar las pruebas se obtuvo un p valor de 0.398 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula, es decir, no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados. 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 siempre y cuando se haga uso de la fase agrícola del cultivo.

### 3.3. Variable diámetro del tallo cosechado.

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



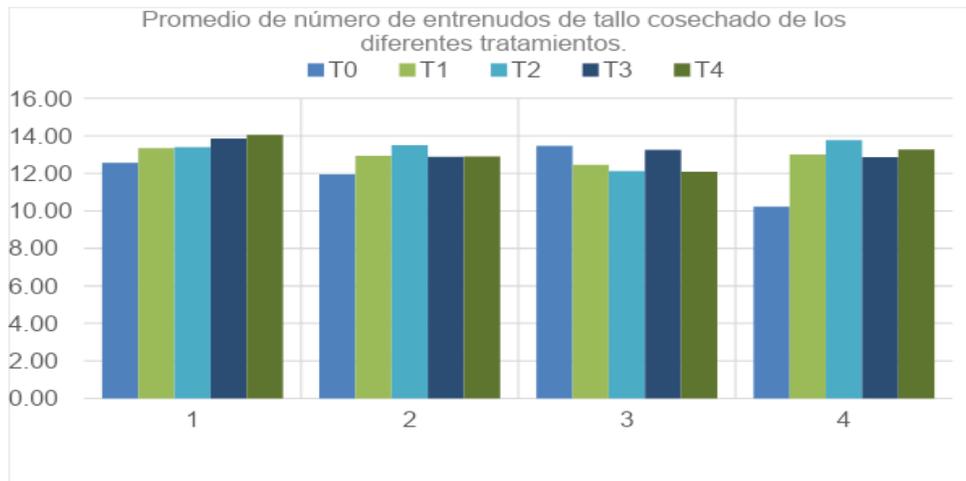
**Figura 3** Promedio diámetro de tallo cosechado por metro lineal de resultado de los diferentes programas de fertirrigación.

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 no influye la dosis de NPK, que se aplique al cultivo para el desarrollo del diámetro del tallo, en 1998 según Arguello *et al.* Demostró 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. Con 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.

### 3.4. 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 aplicó al cultivo de caña de azúcar que estaba enfocado para producción de semilla.

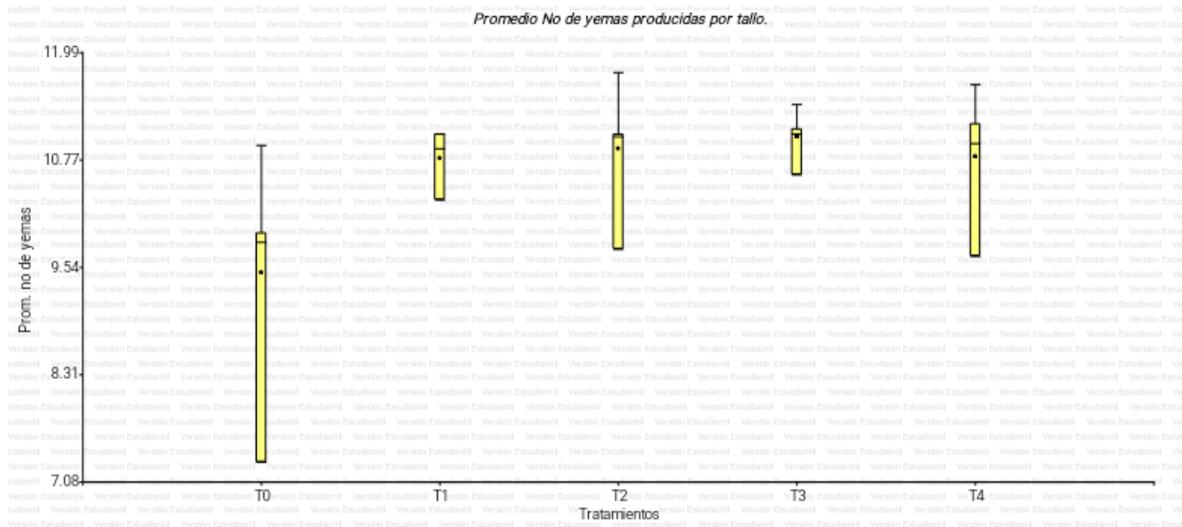


**Figura 4.** Representa el promedio de número de entrenudos obtenidos por cada tallo cosechado de los diferentes programas de fertirrigación con riego por goteo.

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, por lo que se prefirió realizar el análisis por medio de pruebas no paramétricas, en este caso de Kruskal Wallis. 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 tiene 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 Martínez 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 varía de la cantidad de fósforo que se le aplique al cultivo y la cantidad que esté 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.

### 3.5. 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 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.

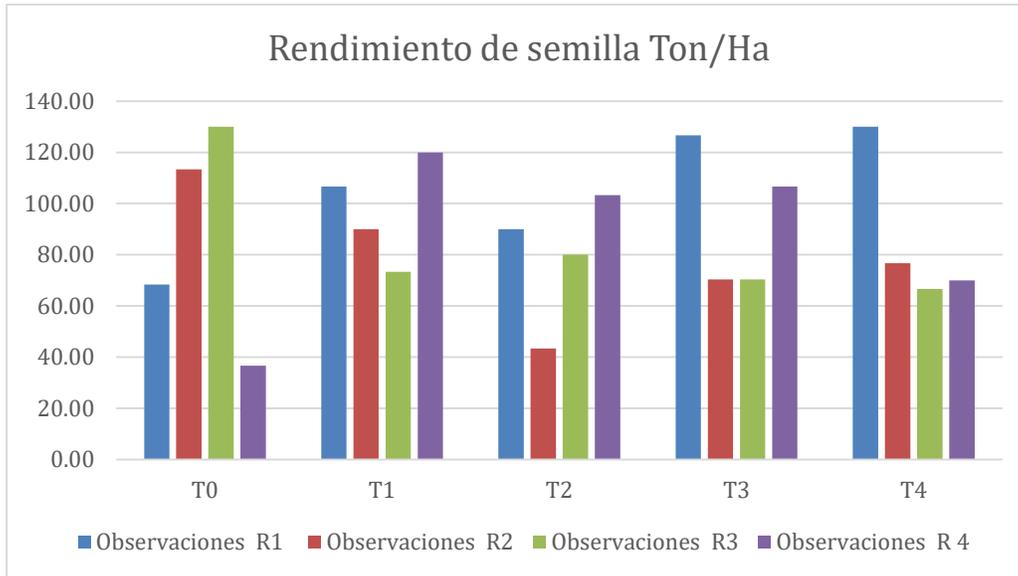


**Figura 5:** Número de yemas obtenidas por cada tallo cosechado de los diferentes tratamientos en estudio. .

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, por lo que se prefirió realizar el análisis por medio de pruebas no paramétricas (Kruskal Wallis). 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, concluyó 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 acompañada 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.

### 3.6. 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 era evaluar si al menos una de las dosis de fertilizante aplicado al cultivo mejoraría la producción de semilla por ha.



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

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, 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 está 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 las 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. ANALISIS ECONOMICO

##### 4.1 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.

##### 4.2 Costos.

Los costos incluyen la inversión del sistema de riego, costo de operación, costo de mantenimiento, costo de producción cuadro 9.

**Cuadro 9:** costos de producción de semilla de caña de azúcar en un ciclo de 11 meses/2 cortes valores expresados por Ha.

<b>Costos de fertirrigación/Ha</b>	<b>MONTO</b>
Inversión del sistema de riego	\$ 1,905.33
Costo de operación	\$ 128.93
Costo de mantenimiento	\$ 449.51

##### 4.3 Ingresos.

**Cuadro 4:** ingresos netos por cada tratamiento en estudiado

<b>RUBRO</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Valor de la producción	<b>\$2,516.14</b>	<b>\$2,700.54</b>	<b>\$2,357.00</b>	<b>\$2,854.27</b>	<b>\$2,374.40</b>
Ingreso neto primer corte	<b>-\$1,171.63</b>	<b>-\$978.60</b>	<b>-\$1,266.87</b>	<b>-\$787.10</b>	<b>-\$1,272.40</b>
Flujo de efectivo 1er Corte	<b>-\$89.03</b>	<b>\$103.99</b>	<b>-\$184.27</b>	<b>\$295.50</b>	<b>-\$189.90</b>
Flujo de efectivo 2º Corte	<b>\$2,951.57</b>	<b>\$2942.95</b>	<b>\$2887.68</b>	<b>\$2,905.17</b>	<b>\$2,910.60</b>
Flujo neto 1er corte	<b>\$1,109.96</b>	<b>\$1,285.74</b>	<b>\$ 886.93</b>	<b>\$1,401.70</b>	<b>\$ 927.26</b>
Flujo neto 2º Corte	<b>\$ 2,521.13</b>	<b>\$ 2,881.30</b>	<b>\$ 2,138.95</b>	<b>\$ 3,150.99</b>	<b>\$ 2,196.68</b>

##### 4.3.1 Valor presente líquido (VPL).

Para calcular el VPL, el flujo neto fue costado en un solo periodo porque la semilla de caña es muy rentable y se pueden obtener grandes cantidades de semilla en pequeñas áreas cultivadas. A continuación, se detallan los ingresos por cada tratamiento (Cuadro 5).

**Cuadro 5:** Detalle del Valor Presente Liquido de la Fertidosis de NPK aplicado al cultivo de caña de azúcar para producción de semilla.

Tratamientos	VPL	Periodo de 2 cortes
T0	-\$ 2.689.860,16	1 – 2
T1	-\$ 2.681.643,42	1 – 2
T2	-\$ 2.628.991,39	1 – 2
T3	\$ 2.645.661,10	1 – 2
T4	-\$ 2.650.834,10	1 – 2

#### 4.3.2 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<sub>3</sub> 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<sub>3</sub> 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 6.

**Cuadro 6:** representación de la relación beneficio/costo de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Ingresos	Costos de inversión	Beneficio/ costo	Total
T0	\$ 2.516,14	\$ 2.823,71	\$ 0,89	\$ 0,89
T1	\$ 2.700,54	\$ 2.815,08	\$ 0,96	\$ 0,96
T2	\$ 2.357,00	\$ 2.759,81	\$ 0,85	\$ 0,85
T3	\$ 2.854,27	\$ 2.777,31	\$ 1,03	\$ 1,03
T4	\$ 2.374,40	\$ 2.782,74	\$ 0,85	\$ 0,85

### 4.3.3 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 T<sub>3</sub> 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 7).

**Cuadro 7** 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 <sub>0</sub>	-\$1,651.14	\$ 2,516.14	\$ 4,103.92	\$ 5,686.71	10.00%	\$ 5,336.02	177%
T <sub>1</sub>	-\$1,458.11	\$ 2,700.54	\$ 4,657.12	\$ 6,432.93	10.00%	\$ 996.93	85%
T <sub>2</sub>	-\$1,746.38	\$ 2,357.00	\$ 3,626.50	\$ 5,114.04	10.00%	\$ 396.35	35%
T <sub>3</sub>	-\$1,266.61	\$ 2,854.27	\$ 5,118.31	\$ 7,085.63	10.00%	\$ 1,328.18	125%
T <sub>4</sub>	-\$1,751.91	\$ 2,374.40	\$ 3,678.70	\$ 5,160.71	10.00%	\$ 406.64	36%

### 4.3.4. 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 T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> son los tratamientos mejor evaluados.

**Cuadro 8.** Valor Presente Liquido de los diferentes programas de fertirrigación para producción de semilla.

Tratamientos	VPL	Periodo de 2 cortes
T <sub>0</sub>	\$ 2.689.860,16	1 – 2
T <sub>1</sub>	\$ 2.681.643,42	1 – 2
T <sub>2</sub>	-\$ 2.628.991,39	1 – 2
T <sub>3</sub>	\$ 2.645.661,10	1 – 2
T <sub>4</sub>	-\$ 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 según los análisis estadísticos 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 porque el cultivo no tiene daños en el sistema radicular de la planta.

Para ayudar en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar se debe de aplicar una dosis de NPK que sea con base a estudio de suelo de la propiedad a cultivar para favorecer y aplicarlos con base al desarrollo vegetativo del cultivo, con el uso de un programa de fertirrigación se busca hacer un buen uso del recurso agua de igual manera reducir los costos generados por la producción de semilla debido a la falta de mano de obra.

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, se debe de utilizar un programa de fertirrigación equivalente a una dosis de 87.75 Kg/Ha de nitrógeno, 65.88Kg/Ha de fosforo, potasio 72.46 Kg/Ha y 60Kg/Ha de S, según el análisis de la relación beneficio costo se obtuvo un valor equivalente a \$ 1.03 de dólar por cada \$ 1.00 dólar invertido, con el uso del sistema de riego por goteo se favorece el desarrollo del cultivo y mejora el rendimiento en peso.

## 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 fertiirrigación se brindar 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.

Para la producción de tallos de caña de azúcar, desarrollo del diámetro, número de entrenudos con un promedio de 12.74 cm por tallo cosechados, yemas, 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 sin olvidar que el desarrollo está acompañado de un buen manejo agrícola que se le brinde al cultivo.

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\\_Tecnica\\_Ca\\_a\\_de\\_Az\\_car.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_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 Geográfico 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.

**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.

**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.