

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Determinación de la lámina de riego que favorece el porcentaje de germinación en lotes de renovación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el departamento de Escuintla.

Trabajo de graduación presentado por

Gerber Michael Morales Pérez

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en

Tecnología Agrícola y Pecuaria

Guatemala

2017

Determinación de la lámina de riego que favorece el porcentaje de germinación en lotes de renovación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en el departamento de Escuintla.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



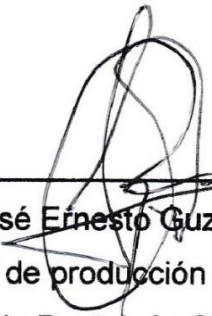
Determinación de la lámina de riego que favorece el porcentaje de germinación en lotes de renovación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el departamento de Escuintla.

Trabajo de graduación presentado por
Gerber Michael Morales Pérez
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agrícola y Pecuaria

Guatemala

2017

Vo. Bo.

(f) 

Ing. Agr. José Ernesto Guzmán Per
Supervisor de producción agrícola
Ingenio Pantaleón S.A.

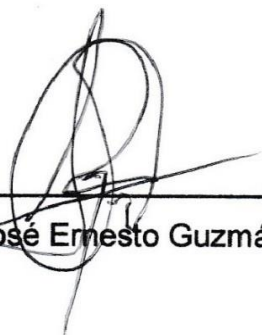
Tribunal examinador:

(f) 

Ing. Agr. Fernando Hernández

(f) 

Ing. Fernando Rivera
Director de Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria
UVG-CAMPUS-SUR

(f) 

Ing. Agr. José Ernesto Guzmán Per

Fecha de aprobación: Guatemala, 21 de enero de 2017.

PREFACIO

La elaboración del presente trabajo de graduación surgió a nivel del grupo administrativo (supervisor, encargado de cultivo y encargado de riego) de la sub zona *Florida*, perteneciente al ingenio *Pantaleón*, con finalidades de conocer más a profundidad las diferencias o similitudes que puede tener las cantidades de agua administradas a un cultivo, en este caso es el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*), la agroindustria azucarera cuenta con grandes extensiones de tierras ocupadas por dicho cultivo, es necesario manejar el cultivo adecuadamente para lograr los mejores rendimientos de producción azucarera. Es por esto que en el área de producción se deben estar generando siempre ideas de cómo lograr los mejores rendimientos o como volver más eficaz una operación realizada al cultivo, para lograr tener un mejor provecho de las labores efectuadas.

El cultivo de *Saccharum officinarum* demanda la cantidad de 6 mm por día de agua para poder desarrollarse de la mejor forma, desde el establecimiento del cultivo en una determinada área, este comienza a demandar agua, de tal forma que se dio la idea de probar si existe diferencias de efecto entre láminas de riego en la germinación de dicho cultivo. Para ello fue necesario seleccionar un área que se fuera a renovar, prestándose a estas condiciones el área de la finca llamada *Don Ra*, perteneciente y bajo la administración de sub zona *Florida*, en dicha finca fue donde se realizó distintas láminas de riego, las cuales se deseaba saber que lamina era mejor para la germinación.

Siendo los encargados de realizar el riego con distinta lámina y toma de datos:

Br. Ind. Jose Miguel Perez, Br. Agr. Marco Mendez, Per. Cont. Axel Lobos, T. U. Gerber Michael Morales Perez.

Fue necesario contar con datos de: presiones, caudal y tiempos, para asegurar la lámina que se deseaba aplicar en determinada área, estos datos fueron proporcionados por el área de riego del ingenio *Pantaleón*, por medio del encargado de riego Axel Lobos. Luego de la aplicación se logró a cierto tiempo (45 dds.) ver las respuestas de germinación del cultivo, lo cual permitió la toma de muestras para realizar determinada prueba estadística y lograr saber cuál de las láminas aplicadas tenía un mejor efecto en germinación.

Cabe resaltar que este proceso investigativo no hubiera sido posible sin la ayuda de:

- ✓ El Señor nuestro Creador,
- ✓ Mi Madre: María Margarita Pérez Mushin
- ✓ Mi Padre: José María Morales Noriega
- ✓ Mis Hermanos: Ogler Josué y Junior Osbeli, Morales Pérez.
- ✓ Mi Familia
- ✓ Mis compañeros de la Universidad
- ✓ A Universidad del Valle de Guatemala Campus Sur y sus Catedráticos
- ✓ A Axel Lobos, encargado de riego del área de la sub zona Florida.
- ✓ A mi asesor: Ing. Ernesto Guzmán
- ✓ A la administración de la Zona *Florida* de Ingenio *Pantaleón*.

ÍNDICE

PREFACIO	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE ILUSTRACIONES	x
SINOPSIS	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. MARCO TEÓRICO.....	4
4.1 Origen del cultivo	4
4.2 Importancia del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala.....	4
4.3 Clasificación taxonómica de la caña de azúcar	4
4.4 Fenología del cultivo	5
4.5 Riego en caña de azúcar	5
4.6 Sistemas de riego	7
4.6.1 Aspersión presión alta tipo cañón con energía fósil	7
4.6.2 Aspersión con presión media y con energía fósil	8
4.7 Siembra o renovación	8
4.7.1 Trapezoidal.....	8
4.7.2 En V o convencional.....	8
5. MARCO METODOLÓGICO.....	9
5.1 Mecanización de suelo.....	9
5.2 Surqueo estaquillado	9
5.3 Siembra	9
5.4 Riegos de germinación	10
5.5 Muestreos de germinación	10
5.5.1 Análisis.....	11
5.5.2 Materiales Útilizados.....	12
5.5.3 Fase de Campo	12
6. RESULTADOS	14

6.1 Hipótesis de la experimentación	16
6.1.1 Planteamiento 1.....	16
6.1.2 Planteamiento 2.....	17
6.1.3 Planteamiento 3.....	18
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	20
8. CONCLUSIONES.....	22
9. RECOMENDACIONES.....	23
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

LISTA DE TABLAS

1. Operaciones de proceso durante la investigación	13
2. Muestras por tratamiento realizado	14
-	15
4. Varianza del experimento	15
5. Desviación estándar del experimento.....	15

LISTA DE ILUSTRACIONES

1. Decisión de H_a o H_o , según láminas de 30 y 40 mm	16
2. Decisión de hipótesis en lámina de 30 y 50 mm.....	17
3. Decisión de hipótesis en lámina de 40 y 50 mm.....	19

SINOPSIS

Se realizó la evaluación de tres láminas de riego post siembra, las láminas evaluadas fueron: 30 mm, 40 mm y 50 mm. Esto se hizo con la finalidad de observar que lámina muestra el mejor efecto sobre la germinación, o también mostrar que no hay efecto diferente. El objetivo es poder obtener una lámina que ayude a la germinación en terrenos, los cuales hayan pasado por un proceso de trituración, que deja una capa de polvo muy gruesa. Para poder tener esta información se hicieron parcelas de 0.5 hectáreas para cada lamina de riego, de las que a cierto tiempo se tomaron muestras para lograr tener datos de cuantos tallos se tenían por metro lineal y así darle paso a la estadística, en este trabajo de graduación se utilizó la prueba de hipótesis, la cual ayudo a tomar decisiones para poder dar recomendaciones de riego en lotes que presenten las mismas condiciones de terreno que más adelante podrán encontrar. Debido a que este cultivo demanda agua debemos tratar de tener el mejor aprovechamiento del vital líquido ya que en muchas ocasiones se ha mostrado que la falta de agua al suelo en el cual esta estableció el cultivo ocasiona mermas en las producciones finales.

Cabe mencionar que en este documento lograrán encontrar los materiales que necesitan para poder implementar el sistema de riego por cañón, también se podrá obtener información respecto a la respuesta de germinación en las diferentes laminas aplicadas.

1. INTRODUCCIÓN

El riego en la zona cañera de Guatemala es una actividad muy importante, debido a que en el periodo 2014-2015 el área física que se regó fue de 237,065 hectáreas, se desarrolló junto con la zafra en el período seco, del 15 de noviembre al 15 de mayo. El despegue de la actividad del riego en la zona cañera guatemalteca empezó en el año 2000, en ese entonces el área de riego era del 61% lo cual es el equivalente de 71,240 hectáreas, pero en la zafra 2014/2015, llegó a ocupar el 85 por ciento en relación con el área total administrada. La labor del riego tiene como objetivos: Asegurar la población inicial de la caña de azúcar e incrementar el peso de los tallos, para tal fin, se realizan riegos poscorte o siembra y precorte para cada una de las etapas fenológicas tipificadas por sus necesidades hídricas. Por tal motivo se evaluará distintas láminas de riego las cuales serán de 30 mm, 40 mm y 50 mm para poder proponer la lámina adecuada para los riegos de germinación y de esta forma asegurar la población de caña en siembra o renovación.

2. OBJETIVOS

2.1 General

- Evaluar tres láminas del riego de germinación en un lote renovado de caña de azúcar siendo de: 30 mm, 40 mm y 50 mm.

2.2 Específicos

- Evaluar porcentaje de germinación de la semilla sembrada en un lote de renovación.
- Seleccionar la mejor lámina de riego de las evaluadas para obtener una mejor germinación de la caña de azúcar.

3. JUSTIFICACIÓN

Los riegos de germinación son muy importantes ya que estos ayudan a la germinación de la caña de azúcar, es por esto que se evaluaron los riegos de germinación con láminas de 30 mm, 40 mm y 50 mm (actualmente, 2016, se realizan de 30 mm), con la finalidad de obtener mayor al 90% de germinación en el lote que se renovara.

Teóricamente con una lámina de riego de 30 mm se logra una profundidad de humedad en el suelo de 15 cm, la semilla se cubre con una capa de 6cm de suelo, esto hace que debajo de ella solo se encuentren 9cm de humedad, con lo cual la semilla está aún más propensa a la deshidratación, resultando en yemas con dificultad de desarrollo, pues siendo viables presentan atrasos de crecimiento o pérdida potencial de división celular y ya no germinen; mientras que con una lámina de 50 mm se espera que se alcance una humedad en el suelo de 20-30 cm, lo cual hará que la semilla tenga mayor humedad en el suelo y está a su vez no deje deshidratar la semilla.

Al lograr que con una lámina de las que se desea evaluar riego de germinación, se obtenga mayor al 90%, esto estaría ayudando a la reducción o evitar las resiembras en los lotes renovados, lograr que el cultivo tenga una producción creciente durante los años (de 4-5 años) que tengan estipulados producirlos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Origen del cultivo

El origen de la caña de azúcar como cultivo tiene registros de hace unos 3000 años en la India y de la obtención de azúcar crudo se desarrolló alrededor del año 400 a. de C. En Guatemala data del tiempo de la Colonia (Saravia, 1990), se le atribuye a Pedro de Alvarado, la introducción de la caña de azúcar a Guatemala. Pero fue hasta el año 1601 que se instaló el primer trapiche en San Jerónimo, Baja Verapaz. Luego se extendió hacia el sur, desde Antigua hasta Escuintla y Santa Rosa, donde todavía existen algunas ruinas de las construcciones que predominaron durante la dominación española y operación de trapiches paneleros.

4.2 Importancia del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala

El crecimiento del cultivo de caña de azúcar en Guatemala ha sido constante, tanto en la superficie sembrada como en la productividad obtenida. Este crecimiento parece no será detenido a corto plazo ya que en la actualidad también representa una opción para la obtención de combustibles de fuentes renovables.

4.3 Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

La caña de azúcar está ubicada taxonómicamente (Juárez y Muñoz, 1998) de la siguiente manera:

Reino: planteae
División: magnoliophyta
Clase: liliopsida
Subclase: commelinidae
Orden: poales

Familia: poaceae
Subfamilia: panicoideae
Tribu: andropogoneae
Género: Saccharum
Especie: *Saccharum officinarum*

4.4 Fenología del cultivo

La caña de azúcar se diferencia claramente tres etapas de desarrollo: germinación y macollamiento, elongación y la maduración.

Para la zona cañera de Guatemala, la primera etapa de desarrollo está de 0 a 3 meses de edad del cultivo, caracterizándose por un aumento notable en el número de tallos de hasta 120,000 plantas/ha y un ritmo de crecimiento lento de 0.25 a 0.50 cm /día. La segunda etapa de desarrollo inicia a los 3 meses, cuando la tasa de crecimiento aumenta hasta 2.5 cm/día, acompañada de una reducción drástica en la población por competencia. La última fase, dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas, se da entre los 7 y 8 meses caracterizándose por la acumulación de azúcares en los tallos y puede estar manifestada por la inducción de la floración (Juárez y Muñoz, 1998).

4.5 Riego en caña de azúcar

Hoy en día, la vigencia de los diferentes sistemas de riego en la zona cañera de Guatemala, dependerá de requisitos como: costo de inversión, la eficiencia en el uso del agua, costo de operación y facilidad en el manejo. Para el caso de los sistemas presurizados que han mostrado una tendencia positiva en los últimos nueve años, tal como el sistema de aspersión, tipo cañón, que ha crecido 2.57 veces, se ha debido principalmente, a la facilidad en el manejo de este sistema, la experiencia acumulada en los técnicos y operadores, ante todo a la buena adaptación para áreas especiales.

La actividad del riego en el incremento del rendimiento de caña y azúcar; las condiciones en que se maneja el cultivo de la caña de azúcar en la costa sur de Guatemala son muy heterogéneas; en los diferentes tipos de suelo se generan diversas capacidades de almacenamiento y/o aportes de agua; el clima, propicia varios comportamientos de déficit hídrico, según la altura sobre el nivel del mar; y la caña, al sembrarse en distintas fechas genera que la respuesta de la caña al riego sea diferente.

Las respuestas de la caña a la aplicación del agua son más evidentes en áreas entre 0 y 200 msnm. Se han encontrado respuestas variables, con incrementos respecto a no regar entre 10 -70 TCH; los incrementos más bajos se observan en suelos franco limosos en donde hay aporte capilar y las mayores respuestas se observan en suelos con predominio de arena (Francos arenosos). En el estrato entre 200 y 300 msnm las respuestas encontradas fluctúan entre 20 y 30 TCH. Mientras que en el estrato arriba de 300 msnm, alcanza entre 10 y 20 TCH, la respuesta es menor debido, principalmente, al menor déficit hídrico. La interacción entre las etapas fenológicas y las fechas de corte o siembra proporciona resultados variables en la respuesta de la caña a la aplicación del agua a través del riego poscorte. Es alta cuando el corte o siembra se realiza en el primer tercio de la zafra (15 nov-15 ene), principalmente, en el estrato abajo de los 200 msnm, como consecuencia de que el período seco es más largo. En el Cuadro 1 se describen los incrementos en las TCH respecto al testigo sin riego, producto de los resultados obtenidos de la investigación experimental realizados en el estrato bajo.

En cuanto a la sensibilidad de la caña de azúcar al déficit hídrico, se consideran las etapas: iniciación ó preparación, con una duración de 45 días, y elongación o rápido crecimiento con una duración aproximada de seis meses. Estas etapas son las más sensibles al déficit hídrico, por lo que deben ser prioridad uno para la aplicación del riego en cada uno de los períodos de corte. El objetivo principal del riego poscorte en la etapa de iniciación o preparación es

asegurar la población óptima, así mismo, la eficiencia de las labores de fertilización y control de malezas. En cortes o siembras del primer período de zafra, el período crítico para el riego en la etapa de elongación se produce entre abril y mayo, los efectos son más evidentes cuando incide el fenómeno conocido como “EN O” (sequía), principalmente en Esfuerzo Nacional. Es frecuente el retraso en las lluvias, que puede llegar a inicios de junio en el estrato bajo y litoral; en esta situación, se han cuantificado reducciones en el tonelaje de 10 a 20 TCH si no se aplica riego en este período de retraso de las lluvias.

En cortes o siembras del segundo período de zafra (enero a marzo) el período crítico es en la fase final de la etapa de elongación, especialmente cuando el invierno termina a mediados de octubre, en este caso, el riego precorte deberá realizarse en la segunda quincena de octubre y noviembre, los cuales son necesarios hasta 30 días antes del corte, principalmente, en áreas con predominio de arena y arcilla, mientras que en suelos con buena retención de humedad como los francos limosos y/o francos arcillo limosos, el último riego precorte debe efectuarse 45 días antes del corte. La etapa de macollamiento es la menos sensible, por lo tanto debe considerarse como prioridad dos, esto no significa que no se realice ningún riego, sino que las frecuencias de riego pueden ser más prolongadas.

4.6 Sistemas de riego

4.6.1 Aspersión presión alta tipo cañón con energía fósil.

Sistema móvil en todos sus componentes, funciona con motobomba, tubería en la conducción y distribución con aspersores de alta presión (40 – 50 PSI). El número de aspersores en operación varía entre dos y ocho. La eficiencia de distribución del agua a nivel de parcela debe estar entre 75 y 80 por ciento.

4.6.2 Aspersión con presión media y con energía fósil. Se utiliza las variantes: sistema móvil en todos sus componentes y el sistema móvil solo en la distribución del agua. Funciona con motobomba, los aspersores son de presión media (30 – 40 PSI). El número de aspersores por lateral varía entre 25 y 30. La moda del diseño del sistema motobomba es para operar con ocho laterales. En la industria se conoce como miniaspersión (su nombre se origina al compararse con el sistema cañón de presión alta). La eficiencia de distribución del agua a nivel de parcela debe estar entre 80 y 85 por ciento.

4.7 Siembra o renovación

La siembra se realizara, estableciendo 30 esquejes por tramo de estaquillado, el cual se realiza después de la preparación del terreno. La siembra se realiza de dos formas:

4.7.1 Trapezoidal. Se realiza en áreas sin piedras, suelos que estén bien mullidos después de la preparación, el surqueo debe de tener una profundidad de 15-25 cm, y deben de estar a un distanciamiento entre surcos debe ser superior a 1.70m.

4.7.2 En V o convencional. Esta siembra es la más frecuente ya que se realiza en el resto de condiciones que no se mencionan en la siembra trapezoidal.

El tapado de la semilla debe cubrir con una capa de suelo con grosor de 4-6 cm, esto es en siembras con riego o humedad residual.

El primer riego de germinación se debe realizar en un periodo de 0-1 días después de la siembra en el campo. En el cual se debe de aplicar una lámina de 30mm por hectárea. El segundo riego de germinación se realiza en un periodo de 8 a 10 días después del primero

5. MARCO METODOLÓGICO

El proyecto dio inicio después de haber realizado las labores de mecanización del suelo y el surqueo, ya que con esto se inició la renovación, es por esto que la metodología se realizó de la siguiente forma:

5.1 Mecanización de suelo

Una vez adecuada la tierra, se inició con la preparación del suelo, que consistió en una serie de labores mecanizados para roturar y desmenuzar el suelo y el subsuelo. Esto se hizo con el objeto de facilitar el enraizamiento del cultivo, aprovechar la humedad y exponer las larvas ocultas de ciertos insectos plaga.

5.2 Surqueo estaquillado

Se inicia con las labores de surqueo estaquillado, que facilitan la distribución de semillas en el área de siembra, además proporciona una cifra de cuanta semilla se llevara en el lote, asegurando que en cada tramo del estaquillado se siembre un paquete de semilla, la cual contiene 30 esquejes, de tal forma que se debe de dejar de 18-21 yemas viables. En este caso se estaquillo a 7m de distancia, el surqueo se realizó a un distanciamiento de 1.75 m, de esta forma el consumo de semilla por hectárea fue de 817 paquetes, también cabe mencionar que se dejaron establecidas 20 yemas por metro lineal.

5.3 Siembra

Se utilizó semilla que proviene de semilleros básicos, la cual se procede a colocar en forma manual en los surcos. La densidad fue de 817 paquetes por hectárea, distanciamiento del estaquillado como anteriormente se menciona fue

de 7m y la calidad de la semilla (yemas viables por esqueje) la cual tuvo un rendimiento de yemas por paquete de 140 yemas viables, la semilla se debe cubrir con una capa de suelo de 4-6 cm, para evitar la deshidratación de la misma por la incidencia directa de rayos solares.

5.4 Riegos de germinación

Se utilizó el tipo de riego por aspersión tipo cañón con presión alta, obteniendo el agua para riego de pozas mecánicas con motobombas John Deere. El primer riego de germinación se realizó de 0-1 días después de la siembra, para luego realizar la aplicación de un segundo riego a 8 días después del primero. En estos riegos se evaluaron las láminas de 30 mm, 40 mm y 50 mm. Estas láminas se aplicaron en áreas de 0.5 hectáreas sembradas por cada una. Las láminas se distribuyeron de acuerdo a como lo indican los manuales de riego del ingenio *Pantaleón*, se utilizaró chorros de alta presión *Komet*, con motobomba alimentada de una fuente de agua (rio, pozo y reservorios) en este caso fueron alimentadas por ríos, los chorros aplicaron una lámina de riego con un tiempo determinado, el cual se encuentra utilizando los datos del manual anteriormente mencionado, tanto para verificar el caudal necesario como para encontrar el tiempo que se necesita para poder suministrar al suelo la cantidad de agua en milímetros que se desea.

5.5 Muestreos de germinación

El muestreo de germinación o también llamado muestreo de población, se realizó a los 50 días después de la siembra, en los cuales se observara el porcentaje de germinación de la caña de azúcar y se comparan la población en cada área regada con distinta lámina. La metodología de este muestro es el siguiente:

- Seleccionar un área de 10 metros del lote en cual se realizara el muestreo.
- Contar la cantidad de tallos que se encuentran en el área seleccionada, para poder sacar el dato de tallos por metro lineal.
- Comparar la cantidad de tallos por metro lineal con el dato de yemas por metro lineal que fueron sembradas.
- Repetir el muestreo n veces por n área, en el caso de este proyecto se realizaron 12 muestras por lámina de riego aplicada.

5.5.1 Análisis. Se analizaron los porcentajes de germinación por cada lámina de riego aplicada en cada área de 0.5 hectáreas, con la finalidad de encontrar la lámina más adecuada en riegos de germinación. El análisis está fundamentado con el método estadístico Prueba de Hipótesis, este es uno de los aspectos más útiles de la inferencia estadística, puesto que muchos tipos de problemas de toma de decisiones, pruebas o experimentos en el mundo de la ingeniería, pueden formularse como problemas de prueba de hipótesis, es por esto que las decisiones se formularan con este método, más adelante se muestran los resultados en los cuales se encuentran las muestras leídas en cada lamina, en los cuales nos arroja cuantos tallos se encontró por metro lineal.

En el siguiente cuadro se describe brevemente cómo se debé realizar las operaciones que se llevaron a cabo durante el proceso de este proyecto, presentando rango de los días en los que se hizo toda la investigación.

5.5.2 Materiales Útilizados

Material vegetativo (semilla)

Mano de obra humana (siembra)

Estacas

Cinta métrica

Equipo de riego (tubería de 4, 5 y 6 pulgadas, motor Jhon Deer, aspersores tipo cañón, TDR (Time Domain Ref) y mano de obra humana para la operación de riego). Fuente Hídrica (ríos)

5.5.3 Fase de Campo: Se estableció la finca a renovar, en la cual se establecieron las parcelitas de 0.5 has de área para evaluar cada lámina de riego.

El terreno de la finca fue mecanizado totalmente para luego poder surquear, se realizó a un distanciamiento de 1.75 metros, este surqueo fue trapezoidal. El estaquillado quedó a 7 metros, lo que quiere decir que un paquete de semilla alcanzó para sembrar 7 metros lineales, la variedad de la semilla que se utilizó para la siembra fue RB84-5210, luego de la siembra se procedió a dar el primer riego, con las distintas laminas, anteriormente descritas.

Al llegar el día 50 se tomaron las lecturas de cada muestra para ver cuantos tallos habían germinado.

Tabla 1. Operaciones de proceso durante la investigación		
Día	Labor	Descripción
0	Siembra	Siembra manual en lotes de renovación, dejando de 18-21 yemas viables por metro lineal.
0-1 días después de la siembra.	Primer riego de germinación	Aplicación de láminas de riego (30 mm, 40 mm y 50 mm), en áreas sembradas de 0.5 ha.
8-10 días después del primer riego de germinación	Segundo riego de germinación	Aplicación de láminas de riego (30 mm, 40 mm y 50 mm), en áreas sembradas de 0.5 ha que ya contengan el primer riego.
45-50 días después de la siembra.	Muestreo de población	Muestreo de población se realizara para verificar cuál de las láminas evaluadas tendrá la mejor respuesta en germinación de la caña de azúcar.

6. RESULTADOS

Tabla 2. Muestras por tratamiento realizado

Tallos por metro lineal			
No. Muestra	Lámina 30mm	Lámina 40mm	Lámina 50mm
1	12.4	19	15
2	16.6	18	14.8
3	7.8	18	14
4	11.7	19.1	13.5
5	10.1	20	12.1
6	6.7	17.8	6.9
7	8.9	18.1	9.8
8	14	18.9	9.9
9	12	19	11.6
10	11.8	19	12
11	12	20.8	13.8
12	14	20.2	15
Promedio	11.5	18.99	12.36

En la tabla anterior se muestra los resultados de la cantidad de tallos que se encontraban por metro lineal, en las muestras realizadas, siendo 12/tratamiento, por cada lámina aplicada. También se estimó el promedio de tallos germinados, según las muestras obtenidas de cada tipo de lámina que se aplicó en determinada parcela.

I -

(-		
Lámina 30mm	Lámina 40mm	Lámina 50mm
0.81	0.00	6.97
26.01	0.98	5.95
13.69	0.98	2.69
0.04	0.01	1.30
1.96	1.02	0.07
23.04	1.42	29.81
6.76	0.79	6.55
6.25	0.01	6.05
0.25	0.00	0.58
0.09	0.00	0.13
0.25	3.28	2.07
6.25	1.46	6.97
Σ	85.4	9.95

Tabla 4. Varianza del experimento

Varianza			
Σ	30 mm	40 mm	50 mm
-	7.76	0.90	6.28

En esta tabla se muestra los resultados de las varianzas, que es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de cada tratamiento.

Tabla 5. Desviación estándar del experimento

Desviación estándar			
	30 mm	40 mm	50 mm
	2.78	0.94	2.5

La desviación estándar no es más que la raíz cuadrada de la varianza, por lo tanto cabe mencionar que esta es un promedio de las desviaciones individuales de cada muestra respecto a la media de la población.

6.1 Hipótesis de la experimentación

6.1.1 Planteamiento 1. Se evaluó en campo abierto la respuesta de germinación de las yemas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Se montaron dos parcelas las cuales fueron regadas con las siguientes láminas, una de 30 mm y la otra de 40 mm, demostrar que la lámina de 30 mm tiene diferente efecto sobre la germinación compara a la de 40 mm.

Ha: la germinación de la caña de azúcar en el área regada con una lámina de 30 mm es diferente que en el área regada con una lámina de 40 mm.

$$0 \neq 40$$

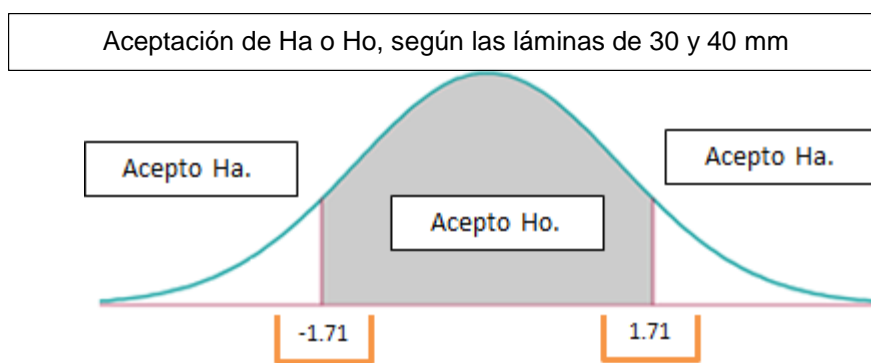
Ho: la germinación de la caña de azúcar en el área regada con una lámina de 40 mm es igual que en el área regada con 30 mm. (30 mm = 40 mm)

$$gl = -2$$

$$VC = 1.71$$

$$gl = 12 + 12 - 2 \quad gl = 22$$

Ilustración 1. Decisión de Ha o Ho, según láminas de 30 y 40 mm



$$\frac{\dots}{\dots} = 4.33$$

$$\dots - \sqrt{\dots}$$

$$- \sqrt{\quad} = 0.84$$

$$\frac{\quad}{\quad}$$

$$\quad = -8.9$$

En este caso, estadísticamente el resultado del valor $t = -8.9$; lo cual significa que queda fuera de la zona de aceptación de la hipótesis nula (H_0), por tal motivo, se debe aceptar la hipótesis alternativa (H_a), que indica la aceptación; por tal existe una diferencia en el efecto de la germinación en las dos láminas de riego evaluadas.

6.1.2 Planteamiento 2. Se evaluó en campo abierto la respuesta de germinación de las yemas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Se desea comprobar que la laminada de riego de 30 mm y la de 50 mm producen diferentes efectos sobre la germinación de las mismas. La variable a evaluar era el porcentaje de germinación.

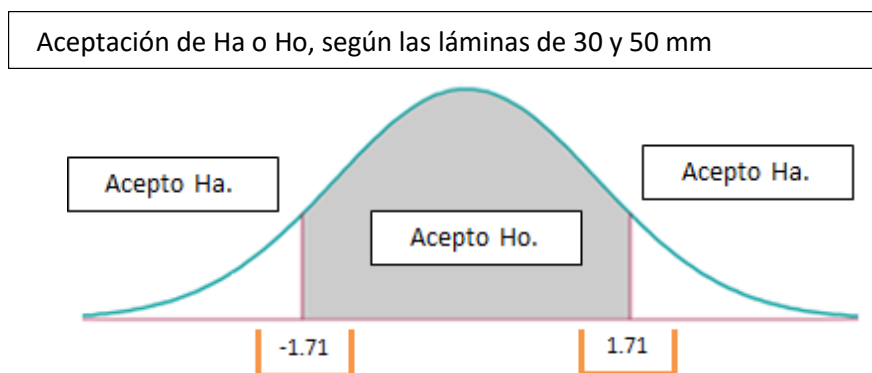
H_a : la germinación de la caña de azúcar en el área regada con una lámina de 30 mm es diferente que en el área regada con una lámina de 50 mm.

$$0 \neq 50$$

H_0 : la germinación de la caña de azúcar en el área regada con una lámina de 30 mm es igual que en el área regada con 50 mm. (30 mm = 50 mm)

Ilustración 2. Decisión de hipótesis en lámina de 30 y 50 mm

gl= 22
CV= 1.71



$$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}}} = 7.02$$

$$- - \sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}} = 1.08$$

$$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}}} = -0.79$$

En este caso el valor de $t = -0.79$, lo que significa que se encuentra este valor dentro de la zona de aceptación de la hipótesis nula (H_0), por tal motivo se rechaza la hipótesis alternativas (H_a), entonces se muestra que las láminas de 30mm y 50 mm causan el mismo efecto en la germinación de las yemas.

6.1.3 Planteamiento 3. Se evaluó en campo abierto la respuesta de germinación de las yemas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Se desea comprobar que la laminada de riego de 40 mm y la de 50 mm producen diferentes efectos sobre la germinación de las mismas. La variable a evaluar era el porcentaje de germinación.

H_a : la germinación de la caña de azúcar en el área regada con una lámina de 40 mm es diferente que en el área regada con una lámina de 50 mm.

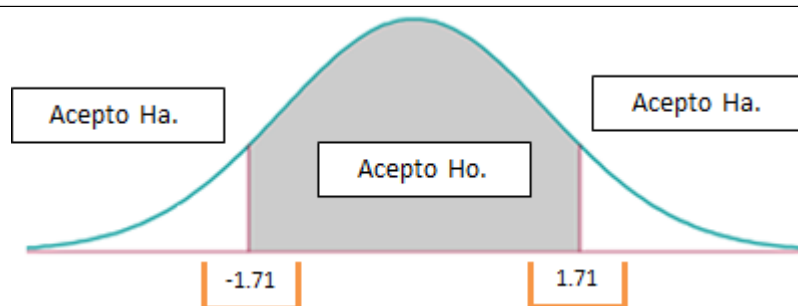
$$40 \neq 50$$

H_0 : la germinación de la caña de azúcar en el área regada con una lámina de 40 mm es igual que en el área regada con 50 mm. (40 mm = 50 mm)

Ilustración 3. Decisión de hipótesis en lámina de 40 y 50 mm

gl= 22
VC= 1.71

Aceptación de Ha o Ho, según las láminas de 40 y 50 mm



$$\frac{\dots}{\dots} = 3.58$$

$$\dots - \sqrt{\dots}$$

$$\dots - \sqrt{\dots} = 0.77$$

$$\frac{\dots}{\dots}$$

$$\dots = 8.61$$

En este caso se observa que el valor de $t = 8.61$, claramente se evidencia que esta fuera de la zona de aceptación de la hipótesis nula (H_0), por tal motivo se debe de aceptar la hipótesis alternativa, lo que nos indica que si existe diferencia entre los efectos en la germinación con las diferentes laminas evaluadas.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos anteriormente en la prueba de hipótesis muestran distintos valores de t , esto debido a que deseamos obtener por medio de dicha prueba anteriormente mencionada, cuál de las láminas de riego (30mm, 40mm y 50mm), tiene un mejor efecto en la germinación de la caña de azúcar. Teniendo los resultados de las pruebas de hipótesis, una con cada una de las láminas, podemos decidir cuál de las láminas de riego es la adecuada en renovaciones con terrenos triturados. Por tal motivo a continuación se explica por qué se tomó la decisión de la lámina adecuada.

En el primer planteamiento de las pruebas de hipótesis, en este las láminas evaluadas fueron la de 30 mm y la de 40 mm, en dicho planteamiento se tuvo como zona de aceptación de $H_0 \pm 1.71$, pero nos damos cuenta que el resultado del valor t es de -8.9 lo cual deduce que la lámina de 30 mm tiene diferencia con la de 40 mm, también dice que es una diferencia negativa lo cual nos muestra que la germinación fue menor en el riego de 30 mm, en comparación al de 40 mm.

En el segundo planteamiento de las pruebas de hipótesis, en este las láminas evaluadas fueron la de 30 mm y la de 50 mm, en dicho planteamiento se tuvo como zona de aceptación de $H_0 \pm 1.71$, pero nos damos cuenta que el resultado del valor t es de -0.79 lo cual deduce que la lámina de 30 mm no tiene diferencia con la de 50 mm, por lo tanto en estas dos laminas la germinación se comportó de la misma manera.

En el tercer planteamiento de las pruebas de hipótesis, en este las láminas evaluadas fueron la de 40 mm y la de 50 mm, en dicho planteamiento se tuvo como zona de aceptación de $H_0 \pm 1.71$, pero nos damos cuenta que el resultado del valor t es de 8.61 lo cual deduce que la lámina de 40 mm tiene

diferencia con la de 50 mm, también dice que es una diferencia positiva lo cual nos muestra que la germinación fue mayor en el riego de 40 mm, en comparación al de 50 mm.

Teniendo las aclaraciones anteriormente descritas podemos tomar la decisión de cuál de las láminas evaluadas causa un mejor efecto en la germinación de la caña de azúcar, logramos comprobar por este método que las láminas de 30mm y 50 mm causan un efecto similar, mientras la de cuarenta, muestra que causa mejores efectos en la germinación, por lo tanto la mejor lamina para regar en renovaciones con las condiciones que se tuvo al alcance manejar es la de 40 mm, cuan el objetivo sea tener el mayor rendimiento en la germinación.

La lámina de 30 mm realizando muestreos de humedad en el suelo se encontró con una profundidad de 15 cm, en la cual a pesar de la profundidad que alcanzo dejo aun una capa de polvo y por esto aún se encontraba suelo seco. Mientras la de 40 mm se encontró una profundidad de 23 cm, la cual logro una mejor homogeneidad de humedad dentro del suelo ya que en este caso no se encontró área que presentara polvo ni áreas secas. La lámina de 50 mm alcanzo una profundidad de 27 cm en el suelo, está mojado más profundidad pero también ocasiono una cierta compactación en el suelo y genero una capa más gruesa de suelo sobre la semilla, siendo esto uno de los factores que pudo ocasionar la merma en la germinación del cultivo.

8. CONCLUSIONES

1. La mejor lámina para tener un buen porcentaje de germinación de la caña de azúcar fue: lámina de 40 mm, mostró un mejor efecto en comparación de las otras dos laminas evaluadas, en la variedad RB84-5210 en suelos triturados: esto debido a que la cantidad de agua logró mantener húmeda la semilla, también se logró tener la disminución de polvo que estaba sobre la semilla lo cual hizo que está a su vez quedara cubierta y sin área seca , sabemos que la humedad es un factor muy importante para estimular a la yema del esqueje a emerger, por lo tanto con esta lámina de 40 mm de riego se llegó al punto necesario para que la yema emergiera sin ningún problema.

2. Durante las muestra tomadas se logró apreciar, que en la lámina de 30 mm no tuvo un buen efecto sobre la germinación ya que fue donde menos tallos emergidos se encontraron, dejando en segundo lugar a la lámina de 50 mm, en esta ya se encontró un poco más de tallos emergidos, dejando a la de 40 mm como la que logró un mejor porcentaje de germinación de las yemas; por lo tanto los datos de porcentaje de germinación dejaron también como la mejor opción la lámina de 40 mm la cual logró un 95% de yemas germinadas, la lámina de 50 mm mostró un porcentaje el cual fue de 62%, pero la que más alarmó fue la lámina de 30 mm esta logró un porcentaje del 56 %, tanto la lámina de 30 mm como la de 50 mm son alarmantes ya que con esto se elevan costos del cultivo, recordando que los lotes renovados se vuelven a renovar de 3 a 4 años, con estas dos láminas solo se logra un lote despoblado al cual hay que invertirle más en labores para lograr cubrir espacios sin caña y así lograr que el lote tenga un rendimiento mínimo de 70 toneladas por hectárea.

9. RECOMENDACIONES

La siembra debe ser la labor que más cuidado debe de tener, realizando minuciosamente la revisión de la cantidad de yemas que estamos dejando por metro lineal, por lo tanto es necesario tener personal calificado para que realice los muestreos de yemas y también realice los muestreos de tapado, para asegurarse que la semilla quede cubierta por una capa de suelo de 4 a 6 cm.

Los riegos son vitales en el proceso de renovación, por lo tanto es necesario que no pase más de un día sin regar, el riego debe de ir a la mano con la siembra, lo ideal será hectárea sembrada hectárea regada, ya que la humedad ayuda a inducir a las yemas a emerger.

Es necesario realizar los dos riegos, el primero como ya antes se describió y un segundo riego a los 8 días después del primero, esto es para no dejar que la semilla se deshidrate y logre mantener humedad, también favorece a mantener una temperatura no muy elevada (no mayor a 28°C) para que la yema no sea dañada y esta logre emerger.

Al renovar un lote lo que se espera es tener un mejor rendimiento de TCH, es por esto que se debe seleccionar la variedad que se va a sembrar y revisar minuciosamente la calidad de la yema, también es necesario revisar el cuidado de transporte ya que a veces el daño por transporte ocasiona mermas alertantes en una siembra.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Castro, O. 2005. *El balance hídrico (herramienta para la planificación del riego en caña de azúcar)*. En: Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005-2006. Guatemala, CENGICAÑA. pp. 134-141.
- ✓ CENGICAÑA. (2009) Publicaciones (En red). Disponible en: www.cengicana.org
- ✓ CENGICAÑA. 2010. Presentación en PowerPoint. *Análisis de la zafra 2009/10*.
- ✓ CENICAÑA. Torres, J; Cruz, R.; Villegas, F. 1996. *Avances técnicos para la programación y manejo del riego en caña de azúcar*. Colombia. 53p.
- ✓ FAO. 2008. *Evapotranspiración de un cultivo de referencia*. Folleto serie Riego y drenaje Número 56. Archivo electrónico. 71 p.
- ✓ IMSA. (2010). *proceso caña de azucar*. Recuperado el 2014, de proceso caña de azucar: http://imsa.com.gt/sitio/proceso_cana_azucar.pdf
- ✓ Juárez, D., Muñoz, E. (1998). *Requerimientos de riego de la caña de azúcar en La costa sur de Guatemala*. Estudio Exploratorio. Guatemala: Cengicaña.
- ✓ Pantaleón. (2014) *Manual de procedimientos de labores, carta tecnológica, (actualización 2015)*. Guatemala: Pantaleón.
- ✓ Saravia, M. (1990). *Cultivos tradicionales de exportación*. Guatemala: Edit: Universidad Rafael Landivar.