


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES



EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO CON POLIETILENO,
EN SUELO ARCILLOSO, SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO
DE CAÑA DE AZÚCAR; CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ
TESIS DE GRADO

CARLOS AUGUSTO ROSALES ORTÍZ
CARNET29289-05

ESCUINTLA, ABRIL DE 2013
SEDE DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO CON POLIETILENO,
EN SUELO ARCILLOSO, SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO
DE CAÑA DE AZÚCAR; CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
CARLOS AUGUSTO ROSALES ORTÍZ

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, ABRIL DE 2013
SEDE DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. ROLANDO ENRIQUE ALVARADO LÓPEZ, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: DR. EDUARDO VALDÉS BARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANO: ING. MIGUEL EDUARDO GARCÍA TURNIL
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: ING. LUIS FELIPE CALDERÓN BRAN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. OTTO RENÉ CASTRO LOARCA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. RICARDO ARMANDO MORALES RAMÍREZ
ING. GUSTAVO ADOLFO MÉNDEZ GÓMEZ
ING. RUDY OSBERTO CABRERA CRUZ

Escuintla 25 de abril de 2013

Honorable Consejo de la
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del Estudiante Carlos Augusto Rosales Ortiz, que se identifica con Carné 29089-05, titulado: **“Evaluación de tres diferentes frecuencias de riego en surcos alternos con películas de polietileno (acolchado), en condiciones de un suelo arcilloso, sobre el crecimiento y rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*: Poaceae), Finca Margaritas, Ingenio Tululá, Cuyotenango, Suchitepéquez,** el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo cual solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad,

Atentamente,


F _____
Ing. Otto Rene Castro Loarca
Colegiado No. 495



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 0612-2013

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante CARLOS AUGUSTO ROSALES ORTÍZ, Carnet 29289-05 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0612-2013 de fecha 21 de marzo de 2013, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO CON POLIETILENO,
EN SUELO ARCILLOSO, SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO
DE CAÑA DE AZÚCAR; CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ

Previo a conferirle el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 30 días del mes de abril del año 2013.


ING. REGINA CASTANEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por ser mi sustentador, ayudador, mi pronto auxilio y brindarme el Título más grande que el hombre puede alcanzar: “El ser hecho hijo de Dios **Sn. Juan 1:12**”, ¡Gracias Cristo Glorioso!

**A LA UNIVERSIDAD
RAFAEL LANDIVAR:**

Por la oportunidad y el apoyo para ser formado como profesional.

**A LOS ING. OTTO CASTRO
CARLOS RAMIREZ Y
ADAN RODAS:**

Por sus consejos y asesoría para alcanzar este logro.

**A INGENIO TULULA Y
CENGICAÑA:**

Por el aporte en el desarrollo de mi carrera como profesional.

DEDICATORIA

- A MIS PADRES:** JESUS
Carlos Enrique Rosales Toledo (DIOS lo tenga en su Gloria)
Amparo de Jesús Ortiz
Quienes con su esfuerzo y amor me enseñaron el camino del bien, por lo que siempre estarán presentes en mi corazón.
- A MIS HERMANOS:** Carlos Enrique, Ana Eloísa, Edgar Roberto, Otto René y José Roberto, con cariño fraternal.
- A MIS HERMANOS EN CRISTO:** Pastor Adrian Antillón y a todos los miembros de la congregación, con cariño y aprecio.
- A MIS SOBRINOS:** Ana Gabriela, Mishell, Edgar y Santiago, con mucho cariño y aprecio
- A MIS TÍOS, PRIMOS Y FAMILIARES EN GENERAL:** Por sus consejos y apoyo.
- A LOS INGENIEROS:** Otto Castro, Ovidio Pérez, Adlai Meneses, Wenner Ovalle, Alfredo Suarez, Adrea Maldonado y Lic. Wendy de Cano, por la beca otorgada para iniciar de nuevo mis estudios.
- A MIS AMIGOS:** Julio Vicente, Arnoldo Xec, Jorge Calderón, Ángel Reyes, Jorge Guerra y Leonardo Juárez, se que este logro es suyo también.
- A LA SEÑORA:** Amanda Villatoro Rodas, por apoyarme para iniciar mis estudios.
- A VIOLETA TOLEDO:** Por tu comprensión, apoyo y paciencia, este es el inicio de todos los logros que juntos nos esperan.
- A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN** Gratos y eternos recuerdos en mi vida.
- A COATEPEQUE:** Hermoso municipio que me vio nacer al cual brindaré los frutos de mi profesión.

INDICE

	Pagina
RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
SUMARY	¡Error! Marcador no definido.
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1 Origen e importancia de la caña de azúcar	2
2.2 Clasificación taxonómica del cultivo de la caña de azúcar	2
2.3 Fenología del cultivo.....	3
2.4 Importancia de la caña de azúcar en Guatemala y su distribución geográfica	3
2.5 El riego en la zona cañera guatemalteca	5
2.6 Coeficiente de cultivo de la caña de azúcar	6
2.7 Acolchado cañero	7
2.8 Análisis Marginal.....	11
III. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	12
IV. OBJETIVOS	13
V. HIPOTESIS	13
VI. MATERIALES Y METODOS	14
6. 1. Localización	14
6. 2. Material experimental	14
6. 3. Factores estudiados	14
6. 4. Descripción de los tratamientos.....	14
6. 5. Diseño experimental	15
6. 6. Modelo estadístico	15
6. 7. Unidad experimental.....	15
6. 8. Manejo del experimento.....	15
6. 9. Variables de respuesta.....	18
6.9. 1. Altura de planta	18
6.9. 2. Diámetro de tallo	18
6.9. 3. Rendimiento de caña (toneladas/hectárea).....	19
6.9. 4. Rendimiento de azúcar (kilogramos/tonelada de caña)	19
6.9. 5. Costo del riego e ingresos proyectados.....	19
6. 10. Análisis de la información.....	19
6. 10.1. Análisis estadístico	19
6. 10.2. Análisis financiero	20
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
7.1. Análisis Estadístico.....	21
7.2. Análisis financiero.....	26
VIII. CONCLUSIONES	30
IX. RECOMENDACIONES.....	31
X. BIBLIOGRAFIA.....	32
XI. ANEXOS.....	35

INDICE DE CUADROS

		Pagina
Cuadro 1.	Duración de las etapas fenológicas en el cultivo de caña de azúcar...	3
Cuadro 2.	Descripción del coeficiente de cultivo (Kc), para la caña de azúcar...	4
Cuadro 3.	Tratamientos de riego a evaluar en caña de azúcar.....	10
Cuadro 4.	Descripción de las actividades agronómicas realizadas en caña de azúcar.....	12
Cuadro 5.	Proceso de aplicación, calendario de riego y lámina de agua aplicada.....	12
Cuadro 6.	Descripción lámina promedio (mm) de agua aplicada a la caña de azúcar.....	13
Cuadro 7.	Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	16
Cuadro 8.	Análisis de varianza para la variable diámetro de planta (cm), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	16
Cuadro 9.	Análisis de varianza para la variable de rendimiento de caña (tm/ha), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	17
Cuadro 10.	Análisis de varianza para la variable, rendimiento de azúcar (kg/tonelada), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	17
Cuadro 11.	Análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%), para el Tratamiento 1. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	18
Cuadro 12.	Análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%), para el Tratamiento 2. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	19
Cuadro 13.	Análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%), para el Tratamiento 3. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	19
Cuadro 14.	Resumen de análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%), en los tratamientos evaluados. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	20

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Incremento promedio (cm) de crecimiento de altura, en las muestras de tallos molederos, Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	15
Figura 2. Incremento promedio (cm) de diámetro, en las muestras de tallos molederos, Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	15
Figura 3. Rendimiento promedio de caña en (tm/ha), de los tratamientos evaluados, Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	21
Figura 4. Rendimiento promedio de azúcar en (kg), de los tratamientos evaluados, Finca Margaritas, Ingenio Tululá.....	22

EVALUACIÓN DE TRES DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO EN SURCOS ALTERNOS CON PELÍCULAS DE POLIETILENO (ACOLCHADO), EN CONDICIONES DE UN SUELO ARCILLOSO, SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*; POACEAE), FINCA MARGARITAS, INGENIO TULULÁ, CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de tres frecuencias de riego en surcos alternos con películas de polietileno (acolchado), en condiciones de suelo arcilloso, sobre el crecimiento y rendimiento en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en finca Margaritas, de ingenio Tululá, Suchitepéquez. Los tratamientos evaluados fueron: acolchado con las frecuencias de riego de 25 y 35 días en condiciones de surco alterno y la aplicación de frecuencia tradicional de 25 días. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Las variables respuesta fueron: altura de planta, diámetro de planta, rendimiento de caña y rendimiento de azúcar. Como resultado se determinó, que las modalidades de riego con acolchado cañero no presentan diferencias significativas en la producción y rendimiento de cultivo, presenta una reducción de la Tasa de Retorno Marginal (TRM) de 15.35% para la frecuencia de 25 días y de 10.1% para la frecuencia de 35 días, en relación al sistema tradicional de riego. Se recomienda la implementación de esta tecnología utilizando una frecuencia de 35 días, para áreas en las cuales no se cuenta con los volúmenes de agua requeridos y se requiere sostener ó incrementar el área de riego, utilizando el mismo volumen de agua.

**EVALUATION OF THREE DIFFERENT IRRIGATION FREQUENCIES IN
ALTERNATE ROWS WITH POLYETHYLENE FILM (PADDING), UNDER
CLAY SOIL CONDITIONS, ON THE GROWTH AND YIELD OF SUGAR
CANE (*Saccharum officinarum*; POACEAE), MARGARITAS FARM,
TULULÁ MILL, CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ**

SUMMARY

The study evaluated the effect of three irrigation frequencies in alternate furrows with polyethylene film (padding), in clay soil conditions on the growth and yield of sugar cane (*Saccharum officinarum* L.), in Margaritas farm, Tululá mill, Suchitepéquez. The evaluated treatments were: padding with irrigation frequencies of 25 and 35 days under alternate furrow conditions and application of a 25-day traditional frequency. A complete randomized block design with three treatments and three replicates was used. The response variables were: plant height, plant diameter, sugar cane yield and sugar yield. As a result, it was determined that the irrigation modality with cane padding does not show significant differences in the production and crop yield; it shows a reduction in the Marginal Rate of Return (MRR) of 15.35% for the 25-day frequency and of 10.1% for the 35-day frequency, compared with the traditional irrigation system. It is recommended to implement this technology using a 35-day frequency for areas that do not have the necessary water volumes and that need to support or increase the irrigation area, using the same water volume.

I. INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) juega un papel relevante en la economía nacional, en donde se cuenta con un área sembrada de 250,000 hectáreas (zafra 2012 / 2013) (AZASGUA, 2012). De las cuales se constituyen bajo influencia de riego 146,347 ha, subdivididas en los estratos altitudinales de la siguiente manera: estrato alto superior de los 300 msnm en adelante, 6,007.36 ha; medio de 100 a 300 msnm, 28,979.08 ha y bajo hasta el litoral de 0 a 100 msnm, 111,360.56 ha. Lo que representa un 64% bajo influencia de riego y sin riego el 36% restante (CENGICAÑA, 2012). Del área regada el 12 % es regada bajo sistemas con surcos (surcos continuos y surcos alternos, el 79% regada con sistemas presurizados, (aspersión, miniaspersión, pivotes y frontales) y el restante 9% la utilización por otros métodos (Castro, 2012).

En la industria azucarera el riego representa uno de los mayores rubros en la producción, por lo cual su programación debe efectuarse a través de un análisis combinado de parámetros: suelo (capacidad del suelo de retener humedad), fenología (etapas fenológicas de la caña de azúcar más sensibles al agua), clima (demanda hídrica de la caña de azúcar en función de la demanda climática y etapa fenológica) y criterios de operación, para eficientizar su manejo (Castro, 2005a). El estudio del riego por acolchado cañero para sistemas de riego por gravedad, ha sido estudiado en diversos países como: México, Colombia, Venezuela, Brasil y Cuba, el cual es considerado como una tecnología que promete un efecto positivo en cuanto a maximizar la utilización del recurso hídrico, el rendimiento del cultivo de caña y el incremento de la rentabilidad del mismo (Amezcuca, 2003).

II. MARCO TEORICO

2.1 Origen e importancia de la caña de azúcar

La caña de azúcar *Saccharum officinarum* es una gramínea originaria de la India, cuya distribución a los países del continente asiático se pierde en la historia de la época antigua. En China apareció 800 años A.C. y se utilizaba en el pago de tributos y contribuciones (Flores, 1994).

Cristóbal Colón, en su segundo viaje, llevó esquejes de caña de las islas Canarias a la isla llamada actualmente República Dominicana. Este cultivo se desarrolló entre 1500 y 1600 en la mayoría de los países tropicales de América (Antillas, México, Brasil y Perú) y durante mucho tiempo ha sido su principal riqueza agrícola (Flores, 1994).

Para el caso de Guatemala, es a Pedro de Alvarado al que se le atribuye la introducción, siendo cerca de San Jerónimo Baja Verapaz, en donde se establecieron los primeros trapiches y luego se extendió hacia el sur, desde Antigua Guatemala hasta Escuintla y Santa Rosa (Guerra, 2000).

2.2 Clasificación taxonómica del cultivo de la caña de azúcar

De acuerdo a Quijandria (2012), la caña de azúcar está ubicada taxonómicamente de la siguiente manera:

División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Tribu:	Andropogonae
Género:	<i>Saccharum</i>
Especie:	<i>officinarum</i> L.

2.3 Fenología del cultivo

Según Castro (2005), en el ciclo de la caña de azúcar se diferencian claramente cuatro etapas de desarrollo: iniciación; macollamiento; rápido crecimiento o elongación; y la maduración. En el cuadro 1. Se describe la duración de las etapas fenológicas del cultivo, según estudios realizados por CENGICAÑA:

Cuadro 1. Duración de las etapas fenológicas en el cultivo de caña de azúcar.

Caña plantía*			
Iniciación	Macollamiento	Elongación	Maduración
1.5 meses	3 meses	6 meses	1.5 meses
Caña Soca**			
Iniciación	Macollamiento	Elongación	Maduración
1 mes	3 meses	6.5 meses	1.5 meses

(Castro, 2005)

Para la zona cañera de Guatemala, se determinó que, la primera etapa de desarrollo está de 0 a 3 meses de edad del cultivo, caracterizándose por un aumento notable de hasta 120,000 tallos/ha y un ritmo de crecimiento lento de 0.25 a 0.5 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).

2.4 Importancia de la caña de azúcar en Guatemala y su distribución geográfica

2.4.1 Importancia

La caña de azúcar, juega un papel relevante en la economía nacional, en donde se cuenta con un área sembrada de 250,000 hectáreas (zafra 2012 / 2013) (AZASGUA, 2012). La agroindustria contribuye sustancialmente dentro de la economía del país; por medio de exportaciones de azúcar según zafra 2009/2010 representó el 10.25% del PIB de las exportaciones totales del país; 20.80% de las exportaciones agrícolas y generó US\$ 493 millones de divisas, las cuales son la base para el intercambio

* **Caña plantía:** Caña establecida en una renovación de cultivo.

** **Caña soca:** Caña que en su manejo lleva más de un corte.

económico del país que incluyen alimentos, contribuyendo a las seguridad alimentaria. Así mismo, es una fuente importante de la generación de 65,000 empleos directos y 350,000 indirectos. El impacto social de la Agroindustria Azucarera se refleja en el nivel de desarrollo regional, principalmente del departamento de Escuintla, el cual lo posiciona como el tercer departamento con mejores indicadores de desarrollo en Guatemala (mejores condiciones de vida, menores índices de pobreza y de desnutrición) (Melgar, M.,2012)

2.4.2 Información biofísica de la zona cañera

De acuerdo a Villatoro y Pérez (2012), la caña de azúcar presenta la siguiente descripción geográfica:

2.4.2.1 Ubicación

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 91° 50' 00''- 90° 10' 00' Longitud Oeste y 14° 33' 00'- 13° 50' 00' Latitud Norte. Geopolíticamente está localizada en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y actualmente se esta expandiendo hacia el departamento de Jutiapa.

2.4.2.2 Fisiografía y relieve

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se localiza en la región fisiográfica; paisaje natural de planicie de pie de monte y forma un plano inclinado, que se inicia con pendientes de 7 a 25 porciento cerca de la cadena montañosa, con relieve ondulado o de lomerío y va descendiendo suavemente hacia la costa del pacifico con relieve plano.

2.4.2.3 Suelos

En la región existen seis ordenes de suelos, nueve subórdenes, 13 grandes grupos, 25 subgrupos y 37 familias. En orden de importancia por el área que ocupan los órdenes de suelos son: Mollisoles, Andisoles, Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Vertisoles.

2.4.2.4 Hidrología

Dada su posición en la costa sur de Guatemala, la zona cañera se encuentra localizada en las cuencas de los ríos: Ocosito, Samalá, Sis-Icán, Nahualate, Madre Vieja, Coyolate, Acomé, Achiguate, María Linda, Paso Hondo, Los Esclavos y la Paz; las cuales se originan en la parte alta de la zona y desembocan en el océano pacífico.

2.4.2.4 Clima

La zona cañera de Guatemala se ha dividido en cuatro estratos, con base en su posición altitudinal expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). El estrato alto está localizado en zona superior a los 300 msnm; el estrato medio entre 100 y 300 msnm; el estrato bajo entre 40 y 100 msnm y el estrato litoral se localiza entre 0 y 40 msnm. Lo cual generan las siguientes condiciones climáticas: precipitación pluvial de 4100 en la zona alta hasta 1500 (mm/año) en la zona baja, temperaturas de 20.2 a 33.4 (C°), radiación solar de 17.7 en la zona alta hasta 18.0 (MJ/m²/dia) en la zona baja y velocidades del viento de 5.2 a 8.7 (km/h).

2.5 El riego en la zona cañera guatemalteca

El manejo del riego en diferentes áreas de la zona cañera guatemalteca se ha realizado de una manera de sostenimiento, lo cual da una oportunidad de mejora. Es de importancia evaluar su respuesta de tipo económica, en cuanto a las tasas de retorno de capital por concepto de riego (Castro, 2005).

Según análisis de la zafra 2009/2010, en la zona cañera del total de área manejada por los ingenios asociados a CENGICAÑA se constituyen bajo influencia de riego 146,347, subdivididas en los estratos altitudinales de la siguiente manera: estrato alto, 6,008 ha; medio 28,979 ha y bajo 111,361 ha. Lo que representa un 64% bajo influencia de riego y sin riego el 36% restante (CENGICAÑA, 2012). Del área regada el 12 % es regada con sistemas superficiales por gravedad (surcos continuos y surcos alternos, el 79% con sistemas presurizados, (aspersión, miniaspersión, pivotes y frontales) y el restante 9% la utilización por otros métodos (Castro, 2012)

La programación del riego en la industria azucarera debe efectuarse a través de un análisis combinado de parámetros: suelo (capacidad del suelo de retener humedad), fenología (etapas fenológicas de la caña de azúcar más sensibles al agua, clima (demanda hídrica de la caña de azúcar en función de la demanda climática y etapa fenológica) y criterios de manejo de la caña de azúcar (época de corte, manejo del suelo, aporte capilar, sistema de riego, entre otros.) (Castro, 2005).

La programación del riego es una herramienta importante para mejorar la eficiencia y economía del riego. La eficiencia se logra al conseguir que el agua disponible sea oportuna en el momento que la caña de azúcar la requiera (¿Cuándo regar?) a la vez, que las cantidades de agua no causen estrés hídrico (¿Cuánto regar?). La economía se obtiene al establecer programas de riego con frecuencias y tiempos de riego acordes al tipo de suelo, fenología de la caña de azúcar y estrato altitudinal (Castro, 2009).

El riego precorte, se define como los riegos aplicados hasta el final de la etapa de elongación, antes de la maduración, en la zona cañera es considerado como una tecnología de innovación en lo que respecta a la investigación sobre el efecto de su aplicación y la rentabilidad que el mismo proporciona. Este debe de ser una actividad agronómica importante que debe de programarse, especialmente, en las siembras o cortes que se realizan en el tercer tercio de zafra, el cual se justifica debido a que el crecimiento y desarrollo de la etapa de elongación se realiza en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, meses con déficit hídrico (Castro y Rosales, 2008).

2.6 Coeficiente de cultivo de la caña de azúcar

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Actualmente en el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de Caña de Azúcar, se han realizado estudios de los coeficientes de cultivo para la caña de azúcar en diferentes condiciones de suelo y etapas de cultivo, en los diferentes ambientes de la zona cañera guatemalteca, como se muestra en el cuadro 2 (Castro, 2009).

Cuadro 2. Descripción del coeficiente de cultivo (Kc), para la caña de azúcar.

Etapa Fenológica	Duración (meses)	Duración acumulada	Valores de Kc experimentales (Según respuesta de la caña desarrollados experimentalmente por CENGICAÑA en diferentes suelos)		
			Predominio de arena	Francos	Predominio de limo y aporte capilar
Iniciación	1.5	1.5	0.3	0.3	0.3
Macollamiento	3	4.5	0.6	0.3	0.3
Elongación	6	105	0.9	0.6	0.3
Maduración	1.5	12	0.3	0.3	0.3

(Castro, 2009)

2.7 Acolchado cañero

2.7.1 Historia

Según Amezcua (2003), La práctica del riego con acolchado en el cultivo de la caña de azúcar es una innovación tecnológica que fue creada y puesta en práctica por el Ing. Francisco Javier Amezcua Vivas, profesionista tamazulense dedicado de lleno a la investigación, quien lo puso en práctica por primera vez de manera demostrativa en Diciembre del 2003, en el predio particular “El Molino”, localizado al sur de la población de Tamazula de Gordiano Jalisco.

Pronto fue adoptado por Beta San Miguel, uno de los grupos azucareros más grandes del país para ser puesto en práctica en cinco de sus ingenios en México, trabajando desde ese tiempo con el respaldo y apoyo tecnológico de una de las empresas productoras de plásticos agrícolas, dando continuidad al desarrollo y práctica de este trabajo en varios grupos azucareros en México.

De la misma manera se ha seguido trabajando actualmente en los países de Colombia, Venezuela, Brasil y Cuba. Participando de igual manera en el Congreso Mundial de caña de azúcar celebrado en Guatemala obteniendo un reconocimiento especial por el desarrollo de esta tecnología. Todo esto da una idea del enorme potencial para la agricultura basada en el riego por gravedad, al utilizar esta práctica sencilla en el manejo del agua y fertilización, donde el productor seguirá manejando el riego tradicional, con la única variante de que el agua fluye sobre una película ligera de acolchado (ver figura 2 y 3 en los anexos).

2.7.2 Características del sistema por acolchado

Según Amezcua, 2003. Este sistema está conformado por una película de polietileno, con medidas que oscilan entre 1 m de ancho hasta los 2m y de largo rollos que alcanzan los 1, 500 m. El espesor es de 80 milésimas, con sellos en el centro de 5 cm de diámetro, que pueden ir distanciados desde los 20 cm hasta 100 cm, según las necesidades del cultivo, para permitir la penetración del agua hacia el suelo. En el cultivo de caña de azúcar se ha utilizado la modalidad de 1.5 m de ancho por 1500 m de largo y agujeros distanciados a 40 cm entre uno y otro (Ver figura 3 en los anexos).

Este es un sistema de aplicación y manejo de riego donde el agua fluye continua y lenta a través de los orificios que se encuentran a lo largo de las líneas regantes, disipando el agua al sistema radicular de manera vertical y horizontal, lo que da mayor eficiencia al aprovechamiento del agua, logrando la aplicación de riegos más frecuentes o poder aplicar el agua a una mayor superficie, ya que se conserva la humedad por períodos más largos, logrando eficiencias hasta del 90% en comparación con el sistema de riego tradicional o por gravedad.

Los problemas en el manejo del agua en las zonas cañeras de riego se caracterizan por el aumento de la escasez y disminución de la calidad del recurso hídrico, las bajas eficiencias de conducción y aplicación, siendo esto una razón que obliga a buscar y crear una alternativa viable para difundir el inicio de una práctica agro-tecnológica moderna que ayuda a contrarrestar la crisis de la disponibilidad de agua y de mejorar la eficiencia del riego por gravedad, donde se busca y encuentra soluciones en un esquema lógico y práctico con la aplicación del acolchado como sistema de riego en el cultivo de la caña de azúcar.

2.7.3 Principales ventajas del acolchado

2.7.3.1 Control de malezas

El crecimiento de malezas bajo el acolchado depende del color del plástico, es decir, de su transmisividad a la luz solar. El polietileno transparente posee una alta transmisión de radiación solar fotosintéticamente activa, lo que favorece el crecimiento de malezas que compiten por agua y nutrientes con el cultivo y además

le provocan daño mecánico por levantamiento del acolchado plástico. Sin embargo se puede evitar totalmente el crecimiento de malezas utilizando un nylon que impida el paso de luz, como es el de color negro, el aluminizado o algún coextruido bicolor en que una de sus caras sea de color negro. Aquel nylon de colores, con valores intermedios de transmisividad, permitirá el desarrollo proporcional de malezas bajo el filme, a mayor paso de luz mayor cantidad de malezas (Castillo, 1998).

2.7.3.2 Humedad del suelo

Usando acolchado de polietileno, se logran efectos importantes en la economía de agua, ya que por su impermeabilidad a ésta, impide la evaporación desde la superficie del suelo cubierta con el nylon, quedando esa agua a disposición del cultivo, beneficiándose con una alimentación constante y regular (Castillo, 1998). Una alternativa sencilla y práctica con eficiencias del 90 % en el aprovechamiento hídrico, ahorros de agua hasta del 60% comparadas con el riego por gravedad tradicional, (Amezcuca, 2003).

2.7.3.3 Fertilidad de la tierra

El aumento de la temperatura y humedad del suelo provocado por el uso de acolchado, favorece la mineralización del suelo, lo que lleva a una mayor disponibilidad de nitrógeno para las plantas, por otro lado, al reducir la lixiviación, evita las pérdidas de este elemento. Trabajando en lechuga se encontró que el nivel de nitrato del suelo fue mayor en los suelos con acolchado que en los descubiertos y concluyeron que cultivada en climas moderados y suelos con adecuado nivel de nitrógeno, no responde al uso de polietileno transparente (Castillo, 1998).

2.7.3.4 Protección de la tierra

El método de cobertura de suelos con polietileno contribuye efectivamente a evitar la erosión y el endurecimiento de la tierra (Castillo, 1998).

2.7.3.5 Impacto ambiental (Efecto de residualidad en la implementación)

Según Aguilar (2011), se pudo determinar que la presencia de residuos luego de la quema es de 25.83 kg/ha equivalente a un 17.22%, lo cual implica tener el cuidado de quemar en su totalidad los residuos al momento de la requema, ya que las normas HACCP establecen que no debe existir contaminación en los cañaverales por polietileno. Por el lado de la contaminación al ambiente tenemos la generación de CO₂ y residuos.

2.7.3.6 Temperatura del suelo

Desde el punto de vista térmico, el acolchado se comporta como un filtro de doble efecto, que acumula calor en el suelo durante el día y deja salir parte de éste durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche, el filme detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Castillo, 1998).

El calentamiento del suelo se explica por el efecto invernadero ejercido por el polietileno en la pequeña capa de aire que se encuentra entre éste y el suelo. La magnitud de dicho efecto varía según la transmisividad del polietileno a la radiación solar, que generalmente es alta y su impermeabilidad a la radiación térmica emitida desde el suelo, que normalmente es baja, pero que puede ser modificada de acuerdo al espesor del polietileno (Castillo, 1998).

2.7.3.7 Reducción de costos de agua y fertilizantes

El evitar la evaporación reduce los costos de agua y evita la consiguiente pérdida simultánea de fertilizantes. Hay interrelación entre los factores que benefician la producción empleando cobertura de suelos o acolchado, ya que parte de la reducción del consumo de agua y fertilizantes se debe también al hecho de que se bloquee el desarrollo de malezas que consumen estos elementos (Castillo, 1998).

2.7.3.8 Bajo costo (Excelente relación costo-beneficio)

A diferencia de lo que generalmente se cree, el costo de los polietilenos para acolchamiento agrícola es muy bajo, si se tiene en cuenta que la optimización de

este recurso está en una buena recomendación en cuanto a los espesores. Las nuevas tecnologías han aportado con calibres muy delgados pero de alta resistencia mecánica lo cual contribuye a tener altos rendimientos con baja inversión (Castillo, 1998).

De acuerdo a Martínez (2010), en la agroindustria azucarera de Taiwán, en al menos 15 zonas abastecedoras de caña en igual número de ingenios, se está empleando el "acolchado cañero" para ahorrar agua e insumos importantes al sector cañero e incrementar hasta en un 20% los actuales rendimientos por hectárea de hasta 35 Toneladas métricas.

2.8 Análisis Marginal

De acuerdo a Evans (2005), el análisis marginal, es un procedimiento para calcular las tasas marginales de retorno entre tecnologías, procediendo paso a paso, de una tecnología de bajo costo a la siguiente tecnología de costo mayor, y comparando las tasas de retorno contra una tasa de retorno mínima aceptable. El procedimiento es útil para hacer recomendaciones y seleccionar tecnológicas alternativas. El principio económico que soporta el análisis es que es beneficioso para el productor continuar invirtiendo hasta el punto donde el retorno de cada unidad extra invertida sea igual a su costo. Cuando se aplica a una situación en la cual el productor se enfrenta a un conjunto de alternativas tecnológicas, el productor debe invertir en la tecnología más costosa mientras que la tasa marginal de retorno (al cambiar de una tecnología de bajo costo a una tecnología de costo mayor) sea más grande que la tasa de retorno mínima aceptable. Por lo tanto, las recomendaciones tecnológicas a los productores no deben basarse solamente en la premisa de que una tecnología es rentable (Eso es, los retornos adicionales son más grandes que los costos adicionales) si no que también debe satisfacer el criterio adicional de que la tasa marginal de retorno debe estar por encima de la tasa de retorno mínima aceptable. Tecnologías que satisfagan estos criterios tienen más posibilidad de ser adoptadas.

III. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

3.1 Definición del problema y Justificación del estudio

En Ingenio Tululá, se cuenta con un área sembrada de 7,437 hectáreas, de las cuales se constituyen bajo influencia de riego 5,950 ha, lo que representa un 80% del área bajo influencia de riego y sin riego el 20% restante. Del área regada, 4,165 ha, son regadas bajo sistemas con surcos continuos, lo que representa el 70% del área y el 30% restante es regada con el sistema tradicional aspersión tipo cañón, lo cual define a la actividad de riego por gravedad por surcos continuos, de suma importancia, por su facilidad de manejo y sus beneficios económicos (Ramírez, 2012). Para abastecer el requerimiento hídrico del área anteriormente mencionada, bajo los sistemas de riego por gravedad, se requiere en promedio de un volumen de agua por temporada de riego de 18,543 hm³, cantidad abastecida principalmente por las sub-cuencas (rio Sis y rio Oc), Estas sub-cuencas han mostrado una reducción de volumen por temporada de riego de 35,000 hm³ a 25,000 hm³ en el periodo del 2007 al año 2011, lo que representa en promedio una tasa de reducción anual del 7.25 %, lo cual proyecta que para la zafra 2,015-2,016, no se podría incrementar, ni sostener el área actual bajo los sistemas de riego por gravedad. Debido a la importancia de los sistemas de riego por gravedad para ingenio Tululá y el desconocimiento del efecto del riego por surcos alternos (Ramírez, 2012), con el fin de optimizar el recurso hídrico sosteniendo la productividad del cultivo de caña de azúcar, en el presente caso, con la utilización de acolchado cañero, el cual ha sido evaluado en otros países, demostrando optimización del recurso hídrico y beneficios productivos en el cultivo de caña de azúcar (Amezcuca 2003), se podrá conocer el impacto financiero; en el crecimiento del cultivo y por ende en la producción, que dicha tecnología tiene en el cultivo de caña de azúcar.

IV. OBJETIVOS

- **General**

Determinar el efecto del riego en surcos alternos con películas de polietileno, en condiciones de un suelo arcilloso, sobre el crecimiento y rendimiento de la caña de azúcar.

- **Específicos**

- a) Cuantificar la altura de planta y diámetro de tallo en caña de azúcar.
- b) Cuantificar el rendimiento de caña y rendimiento de azúcar.
- c) Determinar el impacto financiero de diferentes tratamientos de riego con cobertura de polietileno, en el cultivo de caña de azúcar.

V. HIPOTESIS

- Al menos una de las frecuencias de riego en surcos alternos con acolchado plástico, afecta significativamente la altura de planta y diámetro de tallos en caña de azúcar.
- Al menos uno de los tratamientos de riego mejora significativamente la productividad de la caña de azúcar.
- Cualquiera de los tratamientos de riego que implican uso de cobertura de polietileno, mejoran la rentabilidad del cultivo de caña de azúcar.

VI. MATERIALES Y METODOS

6. 1. Localización

El experimento se realizó en el Ingenio Tululá, finca Margaritas, en la zona geográfica oeste bajo de la zona cañera guatemalteca, en las coordenadas Latitud norte 14° 18'30.26'' y longitud oeste 91°34'49.40'', a 30 kilómetros de la cabecera municipal de Cuyotenango, a una altura de 45 metros sobre el nivel del mar y con una precipitación pluvial que va de 1,000 a 2,000 milímetros anuales.

6. 2. Material experimental

Se utilizó el plástico de polietileno y la variedad de caña CP- 72 2086.

6. 3. Factores estudiados

Frecuencias de riego utilizando acolchado plástico.

6. 4. Descripción de los tratamientos

Según estudios realizados sobre la respuesta de la caña de azúcar en condiciones de un suelo arcilloso, las frecuencias de riego 25 y 35 días, bajo sistemas de gravedad, demostraron que la primera alcanza en promedio 15 toneladas métricas por hectárea mas para pagar la inversión y la segunda aunque no alcance altos rendimientos justifica su uso en el pago de la inversión, a un menor costo, al disminuir el número de riegos (Castro y Rosales, 2008). Por lo que se evaluaron tres tratamientos de riego, los cuales se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tratamientos de riego evaluados en caña de azúcar.

Tratamiento	Descripción
T1	Surco alterno, con acolchado, frecuencia de 25 días.
T2	Testigo comercial, surco continuo, sin acolchado, frecuencia de 30 días.
T3	Surco alterno, con acolchado, frecuencia de 35 días.

6. 5. Diseño experimental

Para la evaluación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones.

6. 6. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

6. 7. Unidad experimental

La unidad experimental fue de 18 surcos (distanciados a 1.5 m) de ancho y 200 metros de largo, equivalente a 5,400 m², se realizó la siembra tradicional (paqueteada), se tapó la semilla de manera manual, con azadón, a una profundidad no mayor de 25 cm y un distanciamiento de 1.5 m entre los surcos. La variedad utilizada en todos los tratamientos fue la CP -72-2086 (Ver figura 1 en los anexos).

6. 8. Manejo del experimento

El experimento se estableció en el mes de enero, luego del corte realizado en el mes de diciembre, definiéndola como plantación de primera soca. Para el establecimiento del experimento se realizaron las siguientes actividades: a.) semi-aporque, b.) colocación del acolchado, c.) aporque manual, d.) estaquillado, e.) manejo agronómico y f.) aplicación del riego.

a.) Semi- aporque

El semi-aporque se desarrolló en los surcos donde se colocó el acolchado, con la finalidad de formar un canal apropiado para la conducción del agua. Utilizando la fercultivadora se logró remover 15 cm de la superficie del suelo, mediante una reducción en los ángulos de las secciones de los discos.

El paso de fercultivadora no pudo aporcar lo requerido, y por lo tanto se utilizó mano de obra para terminar la labor, dejando una cama del suelo en cada extremo de los surcos para facilitar la colocación del nylon.

b.) Colocación del acolchado cañero

Luego de la conformación del canal, se procedió a colocar el nylon de forma manual en todo el experimento, a lo largo del surco, utilizando un total de 3 rollos de acolchado de 1,500 m de largo y 1.5 m de ancho y 80 milésimas de espesor, extrayendo los sellos del centro para permitir la penetración del agua hacia el suelo.

c.) Aporque manual

Esta actividad se realizó con la finalidad que el nylon fuera fijado a la superficie del suelo y no se levantara con el aire, aplicando cierta cantidad de suelo sobre el mismo.

d.) Estaquillado

Se realizó debido a la ausencia de la máquina fijadora de nylon, colocando estacas de 20 cm de largo y 2 cm de diámetro, a cada extremo del acolchado, a una distancia cada 5 m Norte-Sur.

e.) Manejo Agronómico

La descripción de las actividades realizadas en el testigo y los tratamientos se describen a continuación:


Cuadro 4. Descripción de las actividades agronómicas realizadas en caña de azúcar


Actividad	Testigo	Tratamiento
1. Eliminación de residuos (Desbasurado)	Realizado	Realizado
2. Requema	Realizado	Realizado
3. Descarne	Realizado	Realizado
4. Aplicación de herbicida pre-emergente	Realizado	No realizado
5. Fertilizante	Realizado	Realizado
6. Paso de cultivadora	Realizado	No realizado
7. Aplicación de herbicida de cierre	Realizado	No realizado

f.) Aplicación del riego

Cuadro 5. Descripción del calendario y números de riego por tratamiento.

CALENDARIO DE RIEGO POSTCORTE						
Tratamiento	Riego de Uniformidad	Frecuencia (días)	Post-Corte 1	Post-Corte 2	Post-Corte 3	Post-Corte 4
T1	01-febrero	25	26-febrero	23-marzo	17-abril	12-mayo
T2	01-febrero	30	03-marzo	02-abril	02-mayo	01-junio
T3	01-febrero	35	08-marzo	12-abril	17-mayo	21-junio

 Riegos postcortes realizados durante el periodo de verano

 Riegos que fueron planificados pero no realizados, por el periodo de lluvia (invierno).

Cuadro 6. Descripción lámina de agua bruta promedio (mm).

% Arcilla	% Limo	% Arena	Textura	% Humedad	% Humedad	Densidad Aparente g/cc	Lamina de Agua Bruta (db) (mm)
				1/3 ATM.	15 ATM.		
26.09	26.58	47.32	Franco Arcillo Arenoso	24.93	12.40	1.07	34 0.56 mm/ cm de suelo
40.33	18.37	41.31	Arcilloso	27.94	14.95	1.09	
44.41	18.37	37.22	Arcilloso	34.61	22.39	1.07	

Tratamiento	Descripción	No Riegos	Lamina aplicada/ tratamiento (mm)
T1	Acolchado en surco alterno, frecuencia 25 días	4	90.00
T2	Testigo comercial, frecuencia 30 días	4	90.00
T3	Acolchado en surco alterno, frecuencia 35 días	3	90.00

* La eficiencia del sistema se considero al 38 %

6.9. Variables de respuesta

Se definieron los puntos de muestreo por lote, distribuidos de manera sistemática, estableciendo un punto de muestreo por tratamiento, para tener un total de 9 puntos de muestreo. Las mediciones se realizaron mensualmente, para un número de 5 muestreos. Las variables cuantificadas fueron las siguientes:

6.9. 1. Altura de planta

Se tomaron cinco tallos del surco central, en el punto medio del área de muestreo, y se midió de la base hasta el último cuello visible, utilizando cinta métrica, determinando su altura en cm (ver cuadro 1 en el anexo). Estas cañas se marcaron debido a que lecturas posteriores durante el ciclo fueron tomadas en las mismas cañas seleccionadas.

6.9. 2. Diámetro de tallo

Para la medición de esta variable fue necesario segmentar los 5 tallos visualmente en tres partes. Luego se tomó del entre nudo medio de la parte central y se realizó la medición, utilizando un vernier, cuantificando en cm (ver cuadro 2 en los anexos). Fue necesario marcar este punto para realizar las mediciones en el mismo punto durante el periodo de muestreo. Las cañas que se tomaron fueron son las mismas 5 seleccionadas anteriormente.

6.9. 3. Rendimiento de caña (toneladas/hectárea)

Para la cuantificación del rendimiento se realizó el proceso de cosecha manual y se identificaron las jaulas (camiones transportadores de la caña de azúcar cosechada). La cuantificación de peso se realizó en las básculas del ingenio donde se ubicó un supervisor de campo para asegurar una medición correcta (ver cuadro 3 en el anexo.)

6.9. 4. Rendimiento de azúcar (kilogramos/tonelada de caña)

Con lo que respecta a la estimación del contenido de azúcar se tomaron tres cañas del surco central de las muestras, formando una maleta de caña, la cual se identificó con una etiqueta para sacos y se trasladó al laboratorio de CENGICAÑA donde se realizaron los cálculos de kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña (ver cuadro 5 en el anexo).

6.9. 5. Costo del riego e ingresos proyectados

Para el análisis de la rentabilidad se utilizó la tasa de retorno marginal (TRM), con los datos de costos de la empresa, el precio de venta del producto y los resultados de producción obtenidos.

6. 10. Análisis de la información

6. 10.1. Análisis estadístico

Las variables de respuesta se analizaron por medio de ANDEVAS para el diseño de bloques completos al azar. También se elaboraron graficas para ver la dinámica del crecimiento en altura y de diámetro de la caña de azúcar

6. 10.2. Análisis financiero

Los tratamientos se analizaron por medio de la técnica de presupuesto parcial, para establecer la Tasa de Retorno Marginal (TRM). La TRM es el beneficio neto marginal; es decir, el aumento en beneficios netos divididos entre el costo marginal; expresado en un porcentaje. Para los cálculos se utilizó el precio de mercado de 0.32 US\$/kg de azúcar.

$$\text{TRM} = (\text{BNM} / \text{CM}) 100$$

Donde:

TRM = Tasa de Retorno Marginal

BNM = Beneficio Neto Marginal

CM = Costo Marginal.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Análisis Estadístico

7.1.1 Comportamiento del crecimiento (altura y diámetro del tallo)

La medición para estas variables, se realizó, mensualmente, los resultados se muestran en la figura 1 y 2.

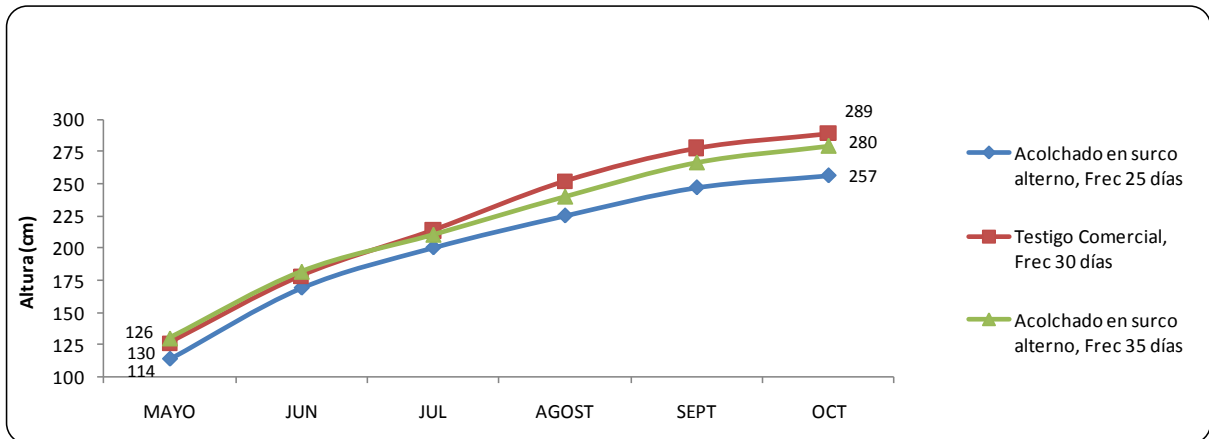


Figura 1. Dinámica de crecimiento en altura de la caña de azúcar (cm), en las muestras de tallos molederos, finca Margaritas, ingenio Tululá.

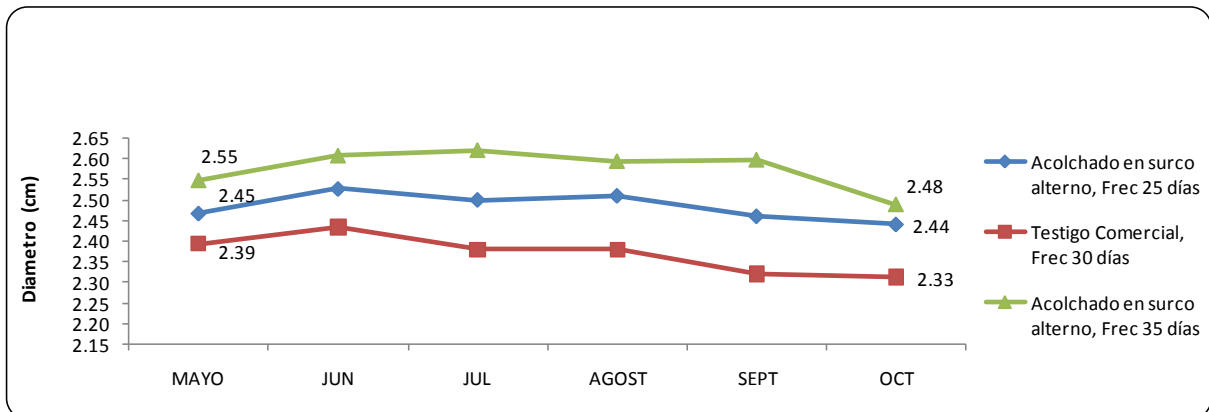


Figura 2. Dinámica de crecimiento en diámetro de tallos (cm), en las muestras de tallos molederos, finca Margaritas, ingenio Tululá.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Bloques	2	496.2755	248.1377	0.28	0.7681	N.S.
Tratamientos	2	152.3893	76.1946	0.09	0.9187	N.S.
Error	4	3520.0836	880.0209			
Total	8	4168.7484				

C.V. = 11.17 %

N.S. = No significativo al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de planta (cm), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Bloques	2	0.0076	0.0038	0.08	0.9266	N.S.
Tratamientos	2	0.1386	0.0693	1.41	0.3432	N.S.
Error	4	0.1961	0.0490			
Total	8	0.3424				

C.V. = 9.00 %

N.S. = No significativo al 5% de probabilidad de error.

Los resultados de los coeficientes de variación, indican que el manejo del experimento fue de confiable.

En los cuadros 7 y 8 se puede observar que no existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados para las variables de altura y diámetro de planta, lo cual indica que la colocación del acolchado no tuvo efecto positivo en estas variables. Esto debido a la capacidad que tiene el acolchado de reducir la evaporación y mejorar la eficiencia de distribución del agua, logrando que la planta tenga una mayor disponibilidad del recurso (Amezcuca, 2003).

7.1.2 Rendimiento de caña de azúcar (toneladas métricas/hectárea)

La medición de esta variable se realizó al momento de la cosecha, en la figura 3 se muestran los resultados obtenidos.

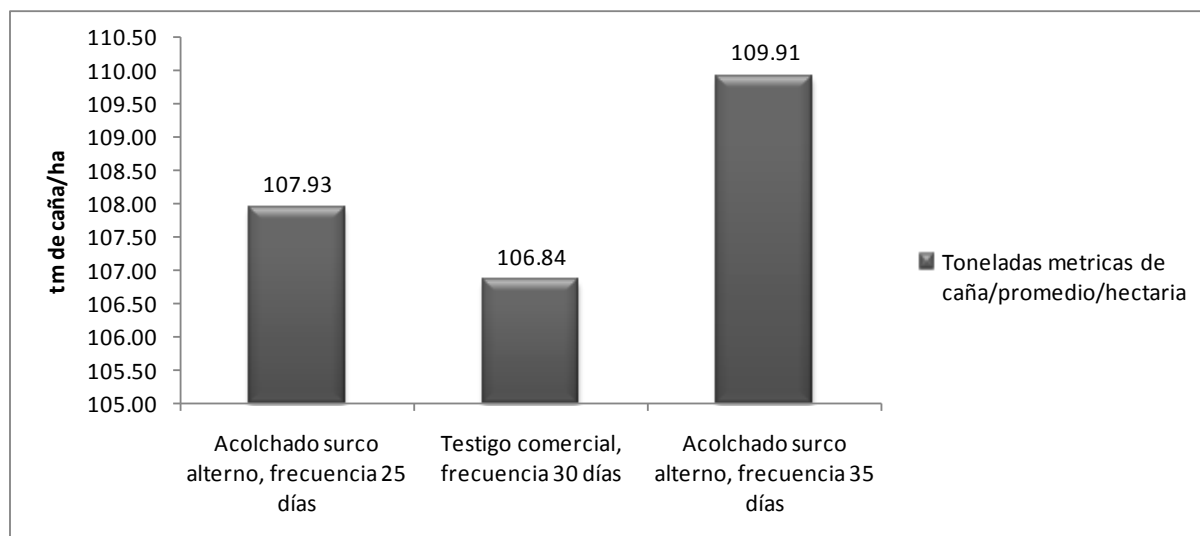


Figura 3. Rendimiento promedio de caña en (tm/ha), de los tratamientos evaluados, finca Margaritas, Ingenio Tululá.7

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable de rendimiento de caña (tm/ha), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Bloques	2	64.6500	32.3250	1.25	0.7682	N.S.
Tratamientos	2	14.5340	7.2670	0.28	0.3777	N.S.
Error	4	103.0955	25.7738			
Total	8	182.2796				

C.V. = 4.69 %

NS = No significativo al 5% de probabilidad de error

En el cuadro 9 se presenta el análisis de varianza, el cual indica que para esta variable no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos y repeticiones. De acuerdo al valor del coeficiente de variación, se considera que el experimento se manejó en forma aceptable.

7.1.3 Rendimiento de azúcar (kg/tonelada)

La estimación del contenido de azúcar, se realizó tomando tres cañas del surco central de los puntos de muestreo, formando una maleta de caña de entre nueve y once tallos de 60 cm de largo, la cual se identificó con una etiqueta para sacos y se trasladó al laboratorio de CENGICAÑA, donde se realizaron los cálculos de kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña, los resultados obtenidos se muestran en la figura 4.

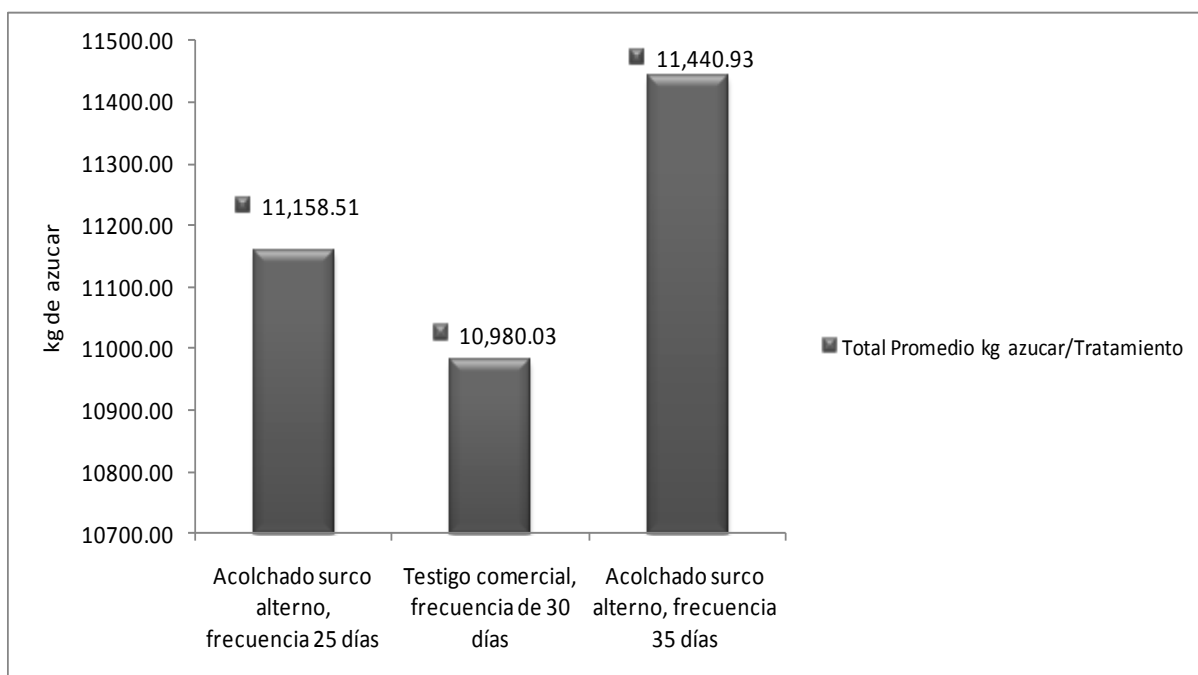


Figura 4. Rendimiento promedio de azúcar en (kg), de los tratamientos evaluados, finca Margaritas, Ingenio Tululá.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable, rendimiento de azúcar (kg/tonelada), en la evaluación de tratamientos de frecuencias de riego con acolchado cañero. Finca Margaritas, Ingenio Tulumá.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Bloques	2	230.0283	115.0142	2.55	0.1934	N.S.
Tratamientos	2	0.8797	0.4398	0.01	0.9903	N.S.
Error	4	180.5529	45.1382			
Total	8	411.4609				

C.V. = 6.49 %

N.S. = No significativo al 5% de probabilidad de error.

Estadísticamente las variables de crecimiento y por ende las de rendimiento, no tienen diferencia estadística significativa, para poder realizar un análisis comparativo entre una y otra, por lo cual no sería necesario una prueba múltiple de medias.

En cuanto al no manifestar significancia estadística en los diferentes tratamientos se debe al comportamiento fisiológico del cultivo y el análisis de balance hídrico, en el cual la evaluación se realizó en cañas del segundo tercio de zafra (cosecha del cultivo en los meses de enero y febrero), las cuales presentan déficit hídrico en los meses de febrero, marzo y abril, meses que coinciden con las etapas fisiológicas de iniciación y macollamiento, etapas en las cuales el cultivo tiene su menor requerimiento hídrico (Castro, 2005), por lo cual el efecto del riego no es tan influyente como lo hubiese sido en cañas del tercer tercio de corte (cosecha del cultivo en los meses de marzo y abril), las cuales presentan los meses de déficit hídrico en su etapa de elongación (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo), etapa en la cual el requerimiento hídrico es mayor y su efecto en la producción es más significativo (Castro, 2005).

Una de las ventajas de la utilización del acolchado, se presenta al igualar al testigo en la productividad y rendimiento de azúcar, lo cual permite proponer la utilización del sistema de riego por gravedad de surcos alternos.

7.2. Análisis financiero

Durante la ejecución de la investigación se condujeron registros financieros de las actividades realizadas en la evaluación, para contar con la información necesaria y realizar el análisis, la determinación de la Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos se muestra en los cuadros 11,12 y 13.

Cuadro 11. Análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%) para el Tratamiento1. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.

Cuenta	Descripción		Total (US\$)
	Azúcar (kg)	Precio (US\$)	
Ingreso Marginal			
Producción de azúcar	11,158.5111	0.32	3,570.72
Total de ingresos			3,570.72
Costo Marginal	Descripción		Total (\$)
Manejo Agronómico	Unidad	Costo (US\$)	
Labores varias	Un.	1,805.00	1,805.00
Control de malezas	Un.	66.00	66.00
Aporque mecánico	Un.	64.00	64.00
Total Manejo Agronómico			1,935.00
	Descripción		Total (US\$)
Aplicación de riego	Cantidad	Costo (US\$)	
Riego con surcos continuos, sin tubería en la conducción y distribución del agua.	4	21.33	85.32
Costo de material (Rollo de acolchado)	2.22	85.00	188.70
Costo de implementación*	1	150.00	150.00
Total Aplicación de riego			424.02
Total de costos			2,359.02
Beneficio Neto Marginal			1,211.70
Tasa de Retorno Marginal			51.36%

Fuente: Departamento de investigación ingenio Tululá.

* El costo de implementación conlleva: valor de hora máquina + tarifa + depreciación de acolchadora + mano de obra.

La utilización de acolchado disminuyó el costo de control de malezas, al afectar el crecimiento de las mismas. Se hizo una aplicación mecanizada de herbicida pre-emergente, lo cual redujo su costo en un 50%. La Tasa de Retorno Marginal (TRM)

que se alcanzó fue de 51.36 %, con un decremento de 15.35 % con relación al testigo comercial; esto se explica por el gasto hecho en la adquisición del plástico y la colocación del mismo.

Cuadro 12. Análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%) para el Tratamiento 2. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.

Cuenta	Descripción		Total (US\$)
	Azúcar (kg)	Precio (US\$)	
Ingreso Marginal			
Producción de azúcar	10,980.0317	0.32	3,513.61
Total de Ingresos			3,513.61
Costo Marginal	Descripción		Total (\$)
Manejo Agronómico	Unidad	Costo (US\$)	
Labores varias	Un.	1,805.00	1,805.00
Control de malezas	Un.	132.00	132.00
Total Manejo Agronómico			1,937.00
	Descripción		Total (US\$)
Aplicación de riego	Cantidad	Costo (US\$)	
Riego con surcos continuos, sin tubería en la conducción y distribución del agua	4.00	42.66	170.64
Total Aplicación de riego			170.64
Total de Costos			2,107.64
Beneficio Neto Marginal			1,405.97
Tasa de Retorno Marginal			66.71%

Fuente: Departamento de investigación ingenio Tululá.

En este tratamiento el costo por aplicación de riego es menor, debido a que no incluyó el uso de acolchado, tampoco fue necesario hacer aporque mecánico, sin embargo el volumen de agua utilizado fue mayor, actualmente esto no implica ningún costo adicional, pero debe tenerse presente por la tendencia a la escases del recurso hídrico y el efecto que tendría al colocarle un costo al volumen de agua utilizado.

Cuadro 13. Análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%), para el Tratamiento
3. Finca Margaritas, Ingenio Tululá.

Cuenta	Descripción		Total (US\$)
	Azúcar (kg)	Precio (US\$)	
Ingreso Marginal			
Producción de azúcar	11,440.9303	0.32	3,661.10
Total de ingresos			3,661.10
Costo Marginal			
Descripción			
Manejo Agronómico	Unidad	Costo (US\$)	Total (\$)
Labores varias	Un.	1,805.00	1,805.00
Control de malezas	Un.	66.00	66.00
Aporque mecánico	Un.	64.00	64.00
Total Manejo Agronómico			1,935.00
Descripción			
Aplicación de riego	Cantidad	Costo (US\$)	Total (US\$)
Riego con surcos, sin tubería en la conducción y distribución del agua	3	21.33	63.99
Costo de material (Rollo de acolchado)	2.22	85	188.70
Costo de implementación*	1	150.00	150.00
Total Aplicación de riego			402.69
Total de costos			2,337.69
Beneficio Neto Marginal			1,323.41
Tasa de Retorno Marginal			56.61%

Fuente: Departamento de investigación de ingenio Tululá.

* El costo de implementación conlleva: valor de hora máquina + tarifa + depreciación de acolchadora + mano de obra.

La Tasa de Retorno Marginal (TRM) que se alcanza es de 56.61 %, con un decremento de 10.1 % con relación al testigo comercial.

Cuadro 14. Resumen de análisis de la Tasa de Retorno Marginal TRM (%), en los tratamientos evaluados. Finca Margaritas, Ingenio Tulumá.

Variable económica	Tratamiento 1 (T1)	Tratamiento 2 (T2)	Tratamiento 3 (T3)
Descripción de tratamiento	Frecuencia de 25 días, con acolchado surco alterno.	Frecuencia de 30 días, sin acolchado surco continuo.	Frecuencia de 35 días, sin acolchado surco continuo.
Beneficio Neto Marginal (BNM)	1,211.70	1,405.70	1,323.10
Tasa Retorno Marginal (TRM)	51.36%	66.71%	56.61%
Diferencia con respecto al (T2)	15.35 %		10.10 %

El valor de la Tasa de Retorno Marginal (TRM) del testigo comercial, fue mayor en relación a los tratamientos evaluados que incluyen acolchado, debido a que la implementación del acolchado no incrementó significativamente el tonelaje de caña para superar el valor del testigo y por consiguiente, los kg de azúcar por tonelada métrica.

A manera de comparación, seleccionando el mejor tratamiento con acolchado, Tratamiento 3, en el cual se obtuvo una TRM de 56.61 %. Para igualar la TRM obtenida con el testigo comercial, tendría que haber producido 117.23 tm de caña/ha.

Uno de los factores interesantes de analizar es la cantidad de agua utilizada y la eficiencia de conducción en ambas tecnologías, basándonos en la lamina teórica aplicada de 90 mm y una eficiencia del 40%, lo necesario para el testigo comercial es de 2,250 m³/ha/riego para totalizar 9,000 m³/ciclo, para el caso del T3 se utiliza 1100 m³/ha/riego con una eficiencia del 82% para totalizar 3300 m³/ciclo. Valor que permitiría regar 36 % más del área que normalmente se regaría con el sistema tradicional de riego.

VIII. CONCLUSIONES

- Las variables de crecimiento altura de planta (257 cm, 280 cm y 289 cm) y diámetro de tallo (2.44 cm, 2.33 cm y 2.48 cm) para las frecuencias 25,30 y 35 días respectivamente, en caña de azúcar, se determinó que estadísticamente no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.
- Los rendimientos de caña (107.93 tm/ha, 106.84 tm/ha y 109.91 tm/ha) y de azúcar (11,158.51kg/tm, 10,980.03 kg/tm y 11,440.93 kg/tm de caña), no fueron afectados por las modalidades de riego con acolchado evaluadas en la presente investigación, debido a que los meses de déficit hídrico coinciden con las etapas fisiológicas de menor requerimiento hídrico (iniciación y macollamiento).
- Bajo la situación actual del uso del recurso hídrico en el cultivo de caña de azúcar, para los costos de ingenio Tululá, el uso de la tecnología de acolchado cañero no presenta ninguna ventaja de carácter económico en relación al sistema tradicional de riego, alcanzando una TRM de 56.61 %, para el sistema de riego con surcos continuos, sin tubería en la conducción y distribución.
- Para poder alcanzar una tasa igual al testigo comercial se debe lograr una producción de 117.23 tm de caña/ ha, utilizando T3 (frecuencia de 35 días con acolchado, surco alterno), logrando la TRM 66.71 %, en condiciones donde el recurso hídrico no tenga ningún costo y los costos de producción no tengan variación.
- El efecto positivo del acolchado, se evidencia en el sostenimiento del rendimiento y la producción, en condiciones del riego por surco alterno, en un suelo arcilloso, sin incrementar los volúmenes de agua y lamina, necesarios para sostener la producción, lo cual permite regar 36 % más del área regada con los sistemas de gravedad surco continuo en comparación al testigo.

IX. RECOMENDACIONES

- Debido a que la tecnología evaluada es factible económicamente y sostiene la producción bajo condiciones de riego en surco alterno, se recomienda utilizar una frecuencia de 35 días, en lugares donde el recurso hídrico sea limitante, y evaluar de manera comercial su utilización, para áreas cosechadas en el tercer tercio de corte.
- Para la utilización del riego por acolchado en surco alterno, es necesario que la preparación del suelo antes de la colocación del mismo, se realice descarte para permitir un adecuado proceso de filtración de agua y oxigenación, debido a que luego de colocación del nylon no permite la utilización cultivadora.
- Para la implementación es necesario que se realice el proceso de semi-aporque, con la finalidad de formar un canal apropiado para la conducción del agua.
- Realizar un análisis de las eficiencias de conducción de agua, entre el sistema actual utilizado y la tecnología propuesta, con la finalidad de maximizar la utilización del recurso hídrico, cada vez más escaso.

X. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, O. (2011). Efecto del acolchado plástico sobre el control de malezas y la rentabilidad de caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Santo Domingo Suchitepéquez, Universidad Rafael Landívar de Guatemala, Fac. Ciencias Agrícolas y Ambientales.
- Amezcua, F, 2003 . Francisco Javier Amezcua Vivas, Un Ingeniero Dedicado A La Investigación. Revisado el 10 de octubre del 2010 desde Internet: <http://www.eltravieso.com>
- AZASGUA (2012). Ingenios prevén aumentar zafra. Prensa Libre, mundo económico, 31, Guatemala, miércoles 10 de octubre de 2012.
- Castillo, M. (1998). Efecto de diversos tipos de acolchados plásticos sobre la temperatura del suelo y su influencia sobre el desarrollo de malezas, precocidad y rendimiento de un cultivo de brócoli. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Fac. Ciencias Agronómicas.
- Castro, O. 2005a. El Balance hídrico (Herramienta para la planificación del riego en caña de azúcar). CENGICAÑA. 2005. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2004/2005. Guatemala. Pp 134 – 141.
- Castro, O. 2005b. Respuesta de la caña de azúcar al riego en la zona cañera guatemalteca (Estrategias generales y específicas sobre ¿Cuánto y cuándo regar?). CENGICAÑA. 2005. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2004/2005. Guatemala. Pp 116-126.
- Castro, O. Rosales, C. 2006. Análisis hidráulico del sistema aspersión tipo cañón accionado por energía fósil (Diesel) en la zona cañera guatemalteca. CENGICAÑA. 2006. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005/2006. Guatemala. Pp 203-211.

- Castro, O.; Rosales, C. (2008). Memoria Presentación de resultados de investigación. Zafra. Respuesta de la caña de azúcar al riego precorte en condiciones de un suelo arcilloso. 2007-2008. Guatemala. Pp 200-2005.
- Castro, O. (2009).Consulta sobre los coeficientes de cultivo Kc, para caña de azúcar. Santa Lucia Cotz, Escuintla, Guatemala. CENGICAÑA.
- Castro, O. (2012). Resultados obtenidos en el área de riegos. Presentación de resultados análisis de la zafra 2011-2012 , CENGICAÑA, Agosto, Guatemala.
- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azucar).(2012). El Cultivo de la Caña de Azucar en Guatemala. Melgar,M.;Menenes,A.;Orozco,H.;Pérez,O.; y Espinosa, R.(eds).Guatemala. Pp 512.
- Evans, E. (2005). Análisis marginal: un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. Revisado el 19 de noviembre de 2012 desde Internet: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FE/FE57300.pdf>
- Flores, S. (1994). Las plagas de la caña de azúcar en México. México.
- Guerra, F. H. (2000). Efecto de la Fertilización Potásica y Nitrógeno sobre rendimiento, CENGICAÑA. 241 p.
- Juárez, D.; Muñoz, E. (1998). Requerimientos de riego de la caña de azúcar en la Costa sur de Guatemala. Estudio exploratorio. Guatemala, CENGICAÑA. Documento Técnico No. 15.
- Martinez, V. (2010). Experiencias del acolchado cañero. Revisado el 08 de marzo del 2013 desde Internet: <http://www.oem.com.mx/elsoldecordoba/notas/n1545054.htm>

- Melgar, M. (2012). Desarrollo tecnológico de la agroindustria azucarera y perspectivas. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Guatemala. P 22-23.
- Quijandria, G. (2012) . Clasificación taxonómica blogspot. Revisado el 10 de octubre de 2012 desde Internet: <http://azucardecana.blogspot.com/2012/05/clasificacion-cientifica.html>
- Ramirez, C. (2012). Resultados obtenidos en el área de riegos. Presentación de resultados, Departamento de Investigación Agrícola , Ingenio Tzulá, Octubre , Guatemala.
- Villatoro, B.; Pérez, O. (2012). Caracterización de la zona cañera de Guatemala. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Guatemala. P 34-35.

XI. ANEXOS

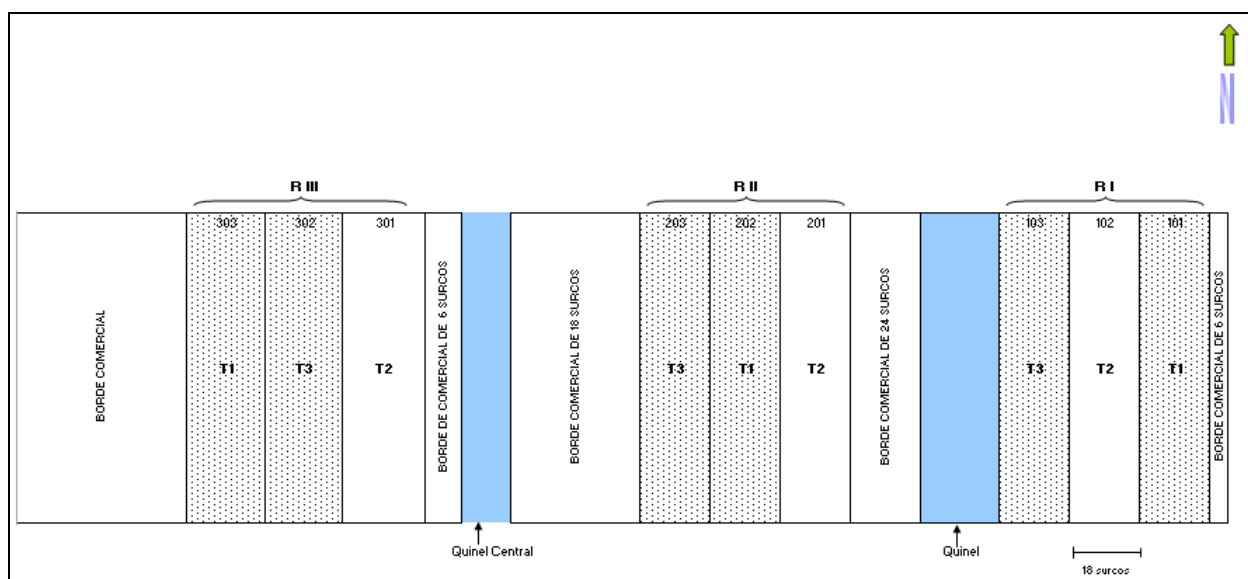


Figura 1. Croquis de la unidad experimental

Cuadro 1. Resultados de las mediciones de altura de planta en (cm).

Tratamiento	Muestreo I						Muestreo II						Muestreo III						Muestreo IV						Muestreo V						Muestreo VI					
	Altura de 5 Tallos 29/05/2010 Mayo						Altura de 5 Tallos 27/06/2010 Junio						Altura de 5 Tallos 29/07/2010 Julio						Altura de 5 Tallos 29/08/2010 Agosto						Altura de 5 Tallos 29/09/2010 Septiembre						Altura de 5 Tallos 29/10/2010 Octubre					
	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio
T1 RI	104.5	142	99.5	115.5	130	118.3	162.5	193	167.5	164	183	173.9	195	231	199.5	196	217	207.5	194.5	247	227.5	211	256	235.4	196	264	239	230.8	281.5	253.83	196	271	250	262	292	268.75
T1 RII	113	104.5	96	108	100	104.3	177	157	149.5	167	151	160.2	218	201	193.2	206.5	192.5	202.1	262	242	228	249	242	244.6	287	276	251.5	272	260.5	269.40	307	279	255	302	275	283.6
T1 RIII	155.5	131.75	141	127.5	140.5	139.25	201.5	185	192	173	188	187.9	234	210	220	207	227	219.5	288	234	268	240	259	257.8	329	260	284	263	281	283.40	333	269	293	272	299	293.2
T2 RI	128	138	117	141	148	134.3	185	185	170	195	200	186.9	219	225	196.5	223.7	235	219.9	267	269	215	256	264	254.2	301.5	296	240	279.5	287.5	280.90	316	306	252	282	299.5	291.1
T2 RII	137	116.5	97.5	128.5	101	116.1	179	174	132	181	152.5	163.7	219	211	144	209	175.4	195.7	244	260	172	244	179.4	219.9	260.5	297	190	294.5	213	251.00	283	301	197	277	218	255.2
T2 RIII	121.5	138.5	121	125	124	126	175	187.5	171	180	184	179.4	201	209	195	211	204	204.0	232	235	248	247	233	243.0	270	283.5	273	275	256	271.50	283	286	281	282	267	279.8
T3 RI	106	120	107	150.5	123	121.2	160.5	180	159.5	190	169.5	171.9	187	208	186.5	228.5	198.5	201.6	188	212	193	258	236	217.4	188	216	196	282	253.5	236.88	188	218	196	297	264	243.75
T3 RII	151	154.5	143	137.5	131.5	143.5	206.5	202	186.5	198	180	194.6	250	246	207.5	224.2	205	226.4	288	283	253	250	228	260.4	345	328	272.8	275	240	305.20	370	331	284	277	240	315.5
T3 RIII	100	114.5	118	100	100	106.4	163	176	178	165	164.5	169.3	193	202	208.5	196	191.2	198.0	215	229	233	218	208	220.6	224.5	239	251	245	225	236.90	236	244	265	251	233	245.8

Cuadro 2. Resultados de las mediciones de diámetro de planta en (cm).

Tratamiento	Muestreo I						Muestreo II						Muestreo III						Muestreo IV						Muestreo V						Muestreo VI					
	Diámetro de 5 Tallos 29/05/2010 May						Diámetro de 5 Tallos 27/06/2010 Jun						Diámetro de 5 Tallos 29/07/2010 Jul						Diámetro de 5 Tallos 29/08/2010 Ago						Diámetro de 5 Tallos 29/09/2010 Oct						Diámetro de 5 Tallos 29/10/2010 Nov					
	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio
T1 RI	2.2	2.8	2.3	2.2	2.8	2.46	2.3	2.8	2.4	2.3	2.8	2.5	2.4	2.9	2.4	2.2	2.7	2.5	2.5	2.9	2.4	2.2	2.7	2.6	2.3	2.8	2.4	2.2	2.6	2.5	2.3	2.8	2.4	2.2	2.6	2.5
T1 RII	2.1	2.3	2	2.2	2.2	2.16	2.2	2.4	2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.4	1.9	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	1.9	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	1.8	2	2.1	2.1	2.3	2.4	1.9	2	2.1	2.1
T1 RIII	2.5	2.3	2.8	2.4	2.3	2.46	2.5	2.3	2.8	2.4	2.4	2.5	2.4	2.2	2.6	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.6	2.3	2.5	2.4	2.3	2.1	2.5	2.3	2.4	2.3	2.3	2.1	2.5	2.3	2.4	2.3
T2 RI	2.5	2.7	2.1	2.7	2.8	2.56	2.6	2.8	2.2	2.7	2.8	2.6	2.6	2.8	2.1	2.6	2.8	2.6	2.6	2.8	2.1	2.7	2.8	2.6	2.5	2.8	2	2.5	2.8	2.5	2.5	2.8	2	2.5	2.6	2.5
T2 RII	2.9	2.5	2	2.4	2.2	2.4	2.9	2.6	2	2.5	2.3	2.5	2.9	2.5	2	2.6	2.2	2.4	2.8	2.5	1.9	2.6	2.3	2.4	2.8	2.5	1.9	2.5	2.2	2.4	2.8	2.4	1.9	2.4	2.2	2.3
T2 RIII	2.3	2.8	2.2	2.5	2.6	2.48	2.5	2.8	2.4	2.6	2.6	2.6	2.5	2.7	2.4	2.7	2.4	2.5	2.4	2.6	2.4	2.6	2.4	2.5	2.3	2.6	2.3	2.6	2.4	2.4	2.3	2.6	2.3	2.6	2.4	2.4
T3 RI	2.3	2.4	2.2	3	2.2	2.42	2.3	2.4	2.2	3	2.2	2.4	2.3	2.5	2.2	3.1	2.3	2.5	2.2	2.5	2.2	3.1	2.3	2.5	2.2	2.5	2.1	3	2.2	2.5	2.2	2.5	1.9	3	2.3	2.4
T3 RII	3.3	2.9	2.5	2.7	2.3	2.74	3.3	3	2.5	2.9	2.4	2.8	3.4	3	2.5	2.9	2.4	2.8	3.4	3	2.5	2.9	2.4	2.8	3.3	2.9	2.5	2.9	2.3	2.9	2.3	2.8	2.5	2.8	2.1	2.6
T3 RIII	2.3	2.7	3.1	2.2	2.4	2.54	2.4	2.8	3	2.3	2.5	2.6	2.5	2.7	2.9	2.2	2.4	2.5	2.5	2.7	2.9	2.3	2.4	2.6	2.4	2.6	2.9	2.2	2.4	2.5	2.4	2.6	2.9	2.1	2.4	2.5
												2.52						2.50						2.49						2.46						2.41

Cuadro 3. Resultados de las mediciones de peso de caña (tm/ha).

Descripción	Tratamiento	TCH
Acolchado Surco Alterno, frecuencia 25 días	T1 RI	111.78
Acolchado Surco Alterno, frecuencia 25 días	T1 RII	104.93
Acolchado Surco Alterno, frecuencia 25 días	T1 RIII	107.08
Testigo Comercial, frecuencia 30 días	T2 RI	111.85
Testigo Comercial, frecuencia 30 días	T2 RII	109.42
Testigo Comercial, frecuencia 30 días	T2 RIII	99.24
Acolchado Surco Alterno, frecuencia 35 días	T3 RI	112.38
Acolchado Surco Alterno, frecuencia 35 días	T3 RII	103.96
Acolchado Surco Alterno, frecuencia 35 días	T3 RIII	113.38

Cuadro 4. Resultados de análisis de contenido de azúcar.



CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION
Y CAPACITACION DE LA
CAÑA DE AZUCAR

FECHA	IDENTIFICACION	FINCA	INGENIO	#	PESO	BRIX	POL	PUREZA	RNTO
				LAB.	MSTRA Kg.	JUGO	JUGO	JUGO	LB/TC
01/12/2010	T1 RI, 0107	Margaritas	Tulula	223	5.68	22.55	20.55	91.13	242.40
01/12/2010	T1 RII, 0107	Margaritas	Tulula	221	7.82	19.70	18.00	91.37	212.40
01/12/2010	T1 RIII, 0107	Margaritas	Tulula	224	3.49	21.65	19.38	89.52	226.58
01/12/2010	T2 RI, 0107	Margaritas	Tulula	225	6.37	19.95	17.90	89.72	211.22
01/12/2010	T2 RII, 0107	Margaritas	Tulula	227	2.71	20.65	18.00	88.77	216.29
01/12/2010	T2 RIII, 0107	Margaritas	Tulula	220	4.69	23.7	21.50	90.72	253.70
01/12/2010	T3 RI, 0107	Margaritas	Tulula	216	2.55	23.35	20.32	87.02	230.78
01/12/2010	T3 RII, 0107	Margaritas	Tulula	219	5.07	22.60	18.00	78.05	212.40
01/12/2010	T3 RIII, 0107	Margaritas	Tulula	226	5.40	22.60	20.55	90.93	242.49

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.
El Laboratorio Agronómico de Cengicaña, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

Licda. Wendy de Cano
Jefe Laboratorio Agronómico.

Otoniel Saravia.
Técnico II de Laboratorio Agronómico.

*LB/TC: libras/tonelada métrica de caña

Cuadro 5. Resultados promedio contenido de azúcar por tratamiento (kg).

Producción de azúcar por tonelada métrica de caña producida				
Descripción	Tratamiento	(kg/tm) de Caña	Rendimiento (tm)	Total (kg)
Acolchado surco alterno, frecuencia 25 días	T1 RI	110.1818	111.7823	12,316.3766
	T1 RII	96.5455	104.9305	10,130.5581
	T1 RIII	102.9909	107.0832	11,028.5988
Promedio		103.2394	107.9320	11,158.5111
Testigo comercial, frecuencia de 30 días	T2 RI	96.0091	111.8517	10,738.7839
	T2 RII	98.3136	109.4212	10,757.5948
	T2 RIII	115.3182	99.2360	11,443.7165
Promedio		103.2136	106.8363	10,980.0317
Acolchado surco alterno, frecuencia 35 días	T3 RI	104.9000	112.3841	11,789.0970
	T3 RII	96.5455	103.9582	10,036.6945
	T3 RIII	110.2227	113.3795	12,496.9995
Promedio		103.8894	109.9073	11,440.9303

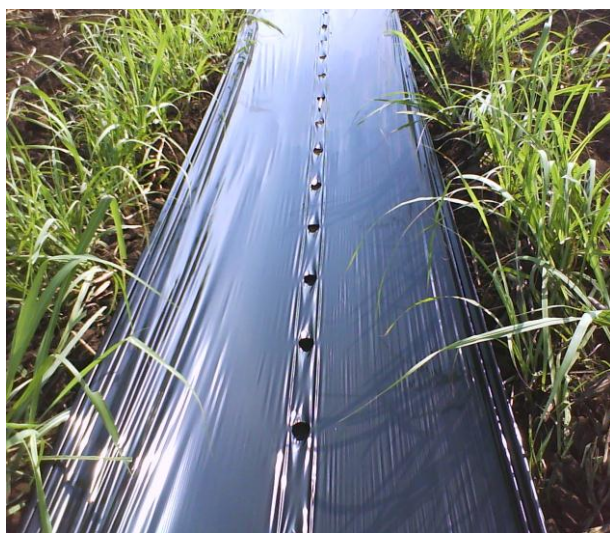


Figura 2. Características del acolchado Cañero.



Figura 3. Conducción del flujo de agua por el acolchado en el cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 6. Resultados de análisis de suelo, finca Margaritas, Ingenio Tululá.



CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION
Y CAPACITACION DE LA
CAÑA DE AZÚCAR

FECHA	Pante	Lote	Estrato	Finca.	No. Lab	% ARC	% LIM	% ARE	TEXTURA	%H 15 ATM.	% H 1/3 ATM.	D.AP. g/cc
16/02/2007	01	07	0-20	Santa Margarita	559	26.09	26.58	47.32	Franco Arcillo Arenoso	18.40	12.93	1.07
16/02/2007	01	07	20-40	Santa Margarita	560	40.33	18.37	41.31	Arcilloso	24.95	14.94	1.09
16/02/2007	01	07	40-60	Santa Margarita	561	44.41	18.37	37.22	Arcilloso	28.39	22.61	1.07

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio.
El Laboratorio Agronómico de Cengicaña, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.

Licda. Wendy de Cano
Jefe Laboratorio Agronómico.