

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE RIEGO CON TRES FRECUENCIAS Y DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO, FINCA LA CUCHILLA, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. Y ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN INGENIO PANTALEÓN

BORIS GUSTAVO GIRÓN CONTRERAS

GUATEMALA, MAYO 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE RIEGO CON TRES FRECUENCIAS Y DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO, FINCA LA CUCHILLA, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. Y ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN INGENIO PANTALEÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

BORIS GUSTAVO GIRÓN CONTRERAS

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, MAYO 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO EN FUNCIONES	Ing. Agr.	Mario Alberto Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr.	Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M. A.	César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc.	Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr.	Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	P. Agr.	Cristian Alexander Méndez López
SECRETARIO	Ing. Agr.	Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, MAYO 2017

GUATEMALA, MAYO 2017

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE RIEGO CON TRES FRECUENCIAS Y DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO, FINCA LA CUCHILLA, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. Y ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN INGENIO PANTALEÓN**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción Agrícola, en el grado académico de licenciado.

Esperado que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente;

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

BORIS GUSTAVO GIRÓN CONTRERAS

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Todo Poderoso por darme la suficiente fuerza y valentía de luchar y alcanzar mis metas, por su amor e infinita misericordia, por acompañarme, guiarme y ser mi motor de vida.

MIS PADRES

Sarvelio Girón Hernández y Zoila Esperanza Contreras Juárez por el apoyo incondicional, por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas, por sus sabios consejos y sobre todo por su gran Amor. Los amo mucho.

MIS HERMANOS

Nimrod Girón, Eddy Girón, Marlys Girón, Edwin Girón, Manfred Girón, David Girón, por haber estado apoyándome en todo momento de mi vida.

MIS ABUELOS Y ABUELAS

Eduardo Girón (Q.E.P.D.), Antonina Hernández (Q.E.P.D.), Jorge Contreras (Q.E.P.D.), Gudelia Juárez por su cariño y apoyo durante mi formación como persona y profesional

MIS SOBRINOS

Ever Daniel Chan Girón, Josué Andrés Chan Girón, Adriana Girón García por su ternura, alegría y la gran bendición de ser su tío, los quiero mucho.

MI NOVIA

Jovita Urizar, por estar cada momento a mi lado durante todo este tiempo, compartiendo momentos maravillosos e inolvidables, y sobre todo por su apoyo incondicional, Te Amo.

MI CUÑADA

Carmen Urizar por su apoyo y confianza.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Guatemala, por un país hermoso y ser mi patria que me vio nacer, por sus benditas tierras productivas y recursos preciosos.

Universidad de San Carlos de Guatemala, a la tricentenaria universidad que permitió y me dio la oportunidad de mi formación como profesional.

Facultad de Agronomía, por brindarme las herramientas académicas necesarias en cada proceso de mi formación y así lograr alcanzar todas mis metas.

A mis amigos y compañeros: Daniel Juárez, Marco Juárez, Cesar Hernández, Henry Rodas, Silvia Guist, Josué de León, Diego Santiago, Juan Marroquín, Felix Khan, Luis Palencia, Miguel Barrera, Luis Mayen, Ángel Marroquín, Edgar Coronado, Elí Camajá.

Familia Urizar Ramírez por su valioso cariño y apoyo a mi persona.

Familia Fajardo Rodríguez por su valioso cariño y apoyo a mi persona

AGRADECIMIENTOS

MI SUPERVISOR

Ing. José Luis Alvarado por su supervisión, orientación y apoyo durante el Ejercicio Profesional Supervisado, por su confianza, paciencia y amistad incondicional. También a Ing. Fredy Hernández Ola por su apoyo y orientación en mi trabajo integrado y proceso de graduación.

Mi ASESOR

Ing. David Juárez por sus importantes aportes, tiempo, conocimientos y consejos brindados para la realización de la presente investigación.

CENGICAÑA

En especial al Ing. Otto Castro y al Ing. Héctor Monterroso por su asesoría, su tiempo y dedicación brindada durante este estudio.

INGENIO PANTALEÓN

Por darme la oportunidad de prepararme y formarme como profesional y asimismo culminar mi fase de estudios, en especial al Inga. Miriam Villatoro por darme la oportunidad de realizar el EPS en dicha empresa.

INGENIERÍA AGRÍCOLA

Erick Veliz, Ronald Pocasangre, Fabricio Alvarado, por confiar en mí como persona y profesional.

RIEGOS:

Por darme la oportunidad de ejercerme como profesional durante la etapa de EPS, especialmente a Ing. Ronald Pocasangre por brindarme y compartir sus conocimientos y experiencias durante mi formación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA

1	CAPÍTULO I.....	1
	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIFIJOS Y MÓVIL MINI EN LA REGIÓN CENTRO DE INGENIO PANTALEÓN S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.....	1
	1.1 PRESENTACIÓN.....	2
	1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
	1.2.1 Ubicación geográfica.....	3
	1.2.2 Características Físico - Biológicas	3
	1.2.3 Recursos naturales:	4
	1.3 OBJETIVOS	6
	1.3.1 Objetivo general:	6
	1.3.2 Objetivos específicos:	6
	1.4 METODOLOGÍA.....	7
	1.4.1 Definición del estudio	7
	1.4.2 Tiempo y espacio	7
	1.4.3 Recolección de la información	7
	1.4.4 Monitoreos	7
	1.4.5 Comparación de horas perdidas	7
	1.4.6 Evaluación de Eficiencias.....	8
	1.5 RESULTADOS.....	9
	1.5.1 Jerarquización de problemas	15
	1.5.2 Problemática priorizada	15
	1.6 CONCLUSIONES.....	16
	1.7 BIBLIOGRAFÍA	17
2	CAPÍTULO II.....	18
	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE RIEGO CON TRES FRECUENCIAS Y DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) EN LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO, FINCA LA CUCHILLA, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.....	18
	2.1 INTRODUCCIÓN	19
	2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	22
	2.3 MARCO TEÓRICO.....	23

2.3.1	Marco conceptual.....	23
2.3.2	Marco referencial	37
2.4	HIPÓTESIS	50
2.5	OBJETIVOS	51
2.5.1	Objetivo general	51
2.5.2	Objetivos específicos	51
2.6	METODOLOGÍA.....	52
2.6.1	Descripción de los tratamientos	52
2.6.2	Factores de estudio:.....	52
2.6.3	Manejo fertilización en el experimento	53
2.6.4	Análisis foliar:	54
2.6.5	Diseño experimental	55
2.6.6	Unidad experimental	55
2.6.7	Análisis físico de suelo	57
2.6.8	Manejo del cultivo	59
2.6.9	Control de Malezas	60
2.6.10	Variables Biométricas	61
2.6.11	Manejo del riego en el experimento	62
2.7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
2.7.1	Producción de toneladas de caña por hectárea (TCH)	65
2.7.2	Rendimiento de kilogramos de azúcar por tonelada de caña.....	66
2.7.3	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	67
2.7.4	Variables de respuesta	69
2.7.5	Distribución de la lluvia y aplicación de tratamientos de riego evaluados	71
2.7.6	Cálculo de la intensidad de riego:	73
2.7.7	Análisis de láminas de agua aplicadas	74
2.7.8	Monitoreo de humedad aprovechable del suelo para los distintos tratamientos.	76
2.7.9	Resultados de macronutrientes y micronutrientes	81
2.8	CONCLUSIONES.....	82
2.9	RECOMENDACIONES	83
2.10	BIBLIOGRAFÍA	84
2.11	ANEXOS	86

2.11.1	Anexo 1: Ilustración de zanjeo para instalación de tubería PVC	86
2.11.2	Anexo 2: Análisis de Varianza Toneladas de Caña por Hectárea	87
2.11.3	Anexo 3: Registros de población y altura durante la etapa de macollamiento.....	91
2.11.4	Anexo 4: Cartilla de aspersor (emisor) mini wobbler y sonda FDR.....	94
2.11.5	Anexo 5: Plano de diseño de tubería (sistema de riego fijo PVC)	96
3	CAPITULO III.....	97
	SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO PANTALEÓN, S. A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA	97
3.1	PRESENTACIÓN.....	98
3.2	SERVICIO NO. 1: EFECTOS DE LAS DIFERENTES LÁMINAS Y FRECUENCIAS DE RIEGO EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum spp.</i>).....	100
3.2.1	OBJETIVOS.....	100
3.2.2	METODOLOGÍA	101
3.2.3	RESULTADOS.....	104
3.2.4	EVALUACIÓN.....	109
3.2.5	BIBLIOGRAFÍA	110
3.2.6	ANEXOS	111
3.3	SERVICIO No. 2: EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE INVENTARIO DE ACCESORIOS UTILIZADOS PARA LOS EQUIPOS DE RIEGO POR ASPERSIÓN MÓVIL Y SEMIFIJO EN INGENIO PANTALEÓN, S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA.....	113
3.3.1	OBJETIVOS.....	113
3.3.2	METODOLOGÍA	114
3.3.3	RESULTADOS.....	116
3.3.4	EVALUACIÓN.....	122
3.3.5	ANEXOS	123

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

CUADRO 1	ESTACIÓN: PRECIPITACIONES ACUMULADAS MENSUALMENTE Y ANUALMENTE EN MILÍMETROS (MM).	4
CUADRO 2	EQUIPO OPERANDO POR SEMANA POR ZONA.	9
CUADRO 3	HECTÁREAS REGADAS CON MOTOBOMBA POR ZONA Y SEMANA DE ZAFRA.	10
CUADRO 4	HECTÁREAS REGADAS POR SEMANA CON MOTOBOMBA.	11
CUADRO 5	HORAS POR HECTÁREAS REGADAS POR ZONA.	12
CUADRO 6	EFICIENCIA EN TIEMPO OPERADO DE MOTOBOMBA POR ZONA.	13
CUADRO 7	TIEMPO PERDIDO MOTOBOMBAS.	14
CUADRO 8	ETAPAS DE DESARROLLO EN CAÑA DE AZÚCAR.	24
CUADRO 9	CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO ASPERSIÓN MÓVIL Y ASPERSIÓN SEMIFIJO.	39
CUADRO 10	ESPECIFICACIONES GENERALES DE RIEGO MECANIZADO.	44
CUADRO 11	TRATAMIENTOS A EVALUAR.	52
CUADRO 12	DESCRIPCIÓN DE DOSIS DE FERTILIZACIÓN EVALUADA.	53
CUADRO 13	DESCRIPCIÓN DE HORIZONTES DE SUELO EN CALICATA EN SUELO FRANCO ARENOSO.	57
CUADRO 14	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE FINCA LA CUCHILLA.	58
CUADRO 15	DIAGNÓSTICO DE ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO DE FINCA LA CUCHILLA.	59
CUADRO 16	RESUMEN DE LOS TRATAMIENTOS DE RIEGO Y SUS FUENTES EN TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA.	65
CUADRO 17	RESUMEN DE LOS TRATAMIENTOS DE RIEGO Y SUS FUENTES EN TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA.	66
CUADRO 18	RESUMEN DE LOS TRATAMIENTOS DE RIEGO Y SUS FUENTES EN TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA.	67
CUADRO 19	USO DE CROPWAT 8.0 PARA ESTIMACIÓN MENSUAL DE ETO. PENMAN MONTEITH FAO, AÑO 2,014.	72
CUADRO 20	RESUMEN DE LÁMINAS DE AGUA APLICADAS.	74
CUADRO 21	ESTIMACIÓN MENSUAL TOTAL DE ETO SEGÚN PENMAN MONTEITH DURANTE EL AÑO 2014.	75
CUADRO 22	VALORES DE LÁMINA DE AGUA RESIDUAL (MM) DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	77
CUADRO 23	ANÁLISIS FOLIAR DE CAÑA DE AZÚCAR: MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES (120 DDC).	81
CUADRO 24	ANÁLISIS DE LA VARIANZA (SC TIPO III).	87
CUADRO 25 A	PRUEBA DE TUKEY EFECTO DE RIEGO.	87
CUADRO 26 A	PRUEBA DE TUKEY EFECTO DE FERTILIZACIÓN.	88
CUADRO 27 A	PRUEBA DE TUKEY EFECTO DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN.	88
CUADRO 28 A	CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA (SC TIPO III).	89
CUADRO 29 A	PRUEBA DE TUKEY EFECTO DE RIEGO.	89
CUADRO 30 A	PRUEBA DE TUKEY EFECTO DE FERTILIZACIÓN.	90
CUADRO 31 A	PRUEBA DE TUKEY EFECTO DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN.	90
CUADRO 32 A	REGISTROS DE POBLACIÓN EN 14 METROS LINEALES DURANTE EL MACOLLAMIENTO.	91
CUADRO 33 A	REGISTRO DE ALTURA DE PLANTA DURANTE LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO.	92
CUADRO 34 A	PRODUCCIÓN EN TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA.	92
CUADRO 35 A	RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA.	93
CUADRO 36 A	PRODUCCIÓN EN TONELADAS DE AZÚCAR POR HECTÁREA.	93
CUADRO 37	DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS DE RIEGO Y SU DESCRIPCIÓN.	101
CUADRO 38	DESCRIPCIÓN DE DOSIS DE FERTILIZACIÓN.	102
CUADRO 39	LECTURAS BIOMÉTRICAS DE ALTURA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR HASTA LOS SEIS MESES.	104
CUADRO 40	LECTURAS BIOMÉTRICAS DE DIÁMETRO DEL CULTIVO HASTA LOS SEIS MESES.	105
CUADRO 41	LECTURAS BIOMÉTRICAS DE TALLOS POR METRO LINEAL DEL CULTIVO HASTA LOS SEIS MESES.	106
CUADRO 42	FRECUENCIAS FIJAS DE RIEGO EN ENSAYO FINCA LA CUCHILLA.	107
CUADRO 43	FRECUENCIAS VARIABLES DE RIEGO EN ENSAYO FINCA LA CUCHILLA.	108
CUADRO 44	DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.	115

CUADRO 45	INVENTARIO DEL SISTEMA DE RIEGO MÓVIL MINI ASPERSIÓN	116
CUADRO 46	INVENTARIO DEL SISTEMA DE RIEGO MÓVIL CAÑÓN.	117
CUADRO 47	INVENTARIO DEL SISTEMA DE RIEGO XCELL WOBBLER.....	118
CUADRO 48	INVENTARIO DEL SISTEMA DE RIEGO MÓVIL MIDI.	119
CUADRO 49	INVENTARIO DEL SISTEMA DE RIEGO SEMIFIJO MINI.	120
CUADRO 50	INVENTARIO DEL SISTEMA DE RIEGO SEMIFIJO MIDI.....	120
CUADRO 51	INVENTARIO DEL SISTEMA DE RIEGO SEMIFIJO CAÑÓN.	121

ÍNDICE DE FIGURA

PÁGINA

FÍGURA 1	LOCALIZACIÓN DEL INGENIO PANTALEÓN EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA.	3
FÍGURA 2	VELOCIDAD DEL VIENTO ACTUAL EN LA REGIÓN CENTRO – FUENTE CENGICAÑA.....	4
FÍGURA 3	TEMPERATURA ZONA CAÑERA DE GUATEMALA – FUENTE CENGICAÑA	5
FÍGURA 4	UBICACIÓN DE FINCA LA CUCHILLA	46
FÍGURA 5	MAPA DE TEXTURA DE SUELOS DE INGENIO PANTALEÓN.	47
FÍGURA 6	PLANO DE FINCA LA CUCHILLA.	48
FÍGURA 7	UNIDADES EXPERIMENTALES.....	56
FÍGURA 8	RENDIMIENTO DE TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA.....	65
FÍGURA 9	COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE LOS KILOGRAMOS DE AZÚCAR POR HECTÁREA.....	66
FÍGURA 10	RENDIMIENTO DE TONELADAS DE AZÚCAR POR HECTÁREA.....	67
FÍGURA 11	COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DURANTE EL CICLO DE LA VARIEDAD CP72 2086.....	69
FÍGURA 12	COMPORTAMIENTO DE LA ALTURA DE LA PLANTA DURANTE EL CICLO DE LA VARIEDAD CP72 2086.	70
FÍGURA 13	DISTRIBUCIÓN DE LLUVIA Y APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS DE RIEGO EVALUADOS.....	71
FÍGURA 14	PROCESO DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE SONDA DE HUMEDAD FDR, REALIZADA EN EXCEL.	76
FÍGURA 15	COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD TRATAMIENTO 1 Y TRATAMIENTO 2	78
FÍGURA 16	COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD TRATAMIENTO 3 Y TRATAMIENTO 4	78
FÍGURA 17	COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD TRATAMIENTO 5 Y TRATAMIENTO 6	79
FÍGURA 18	COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD TRATAMIENTO 7 Y TRATAMIENTO 8	79

RESUMEN

El presente informe está conformado por el diagnóstico, investigación y servicios realizados, durante el programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en el departamento de Ingeniería Agrícola, Área de Riegos del Ingenio Pantaleón, S.A.

El diagnóstico se realizó de febrero a marzo de 2014, se enfocó en los diseños y la operación de los sistemas de riego por aspersión semifijos y móvil mini, en el cual se encuentran involucrados los servicios técnicos agrícolas del Departamento de Ingeniería Agrícola de Ingenio Pantaleón, S.A.

La investigación fue realizada en Finca La Cuchilla de la zona Playa Grande perteneciente a Ingenio Pantaleón, S.A. Dentro de la política de Ingenio Pantaleón para el uso del agua en sus cultivos pretende inducir un significativo cambio en las técnicas de manejo del riego, considerando que el cultivo de caña de azúcar es de larga duración, el cual produce enormes cantidades de biomasa. Este cultivo requiere grandes volúmenes de agua, es por ello que esta investigación tuvo como fin conocer cuánto tiempo resiste el cultivo sin agua. Para determinar la demanda que conlleva un sistema de baja presión, se estableció el ensayo en finca La Cuchilla, esta investigación tuvo una duración de 11 meses, utilizando caña soca (variedad CP72 2086). Dentro de estos hechos relevantes durante el proceso de crecimiento de la caña de azúcar se logró determinar la necesidad macro y micro nutrientes que el cultivo demanda. El sistema de riego utilizado en el ensayo de Finca La Cuchilla fue riego por aspersión con aspersores tipo mini wobbler, con finalidad primordial el ahorro de agua y darle al cultivo la cantidad requerida para su máximo desarrollo.

El primer servicio consistió en la evaluación de los efectos de las diferentes láminas y frecuencias de riego en la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Dentro de las actividades del riego, se ha notado un gran avance en tecnología en cuanto a la forma de aplicar el agua, mejorando la eficiencia de su aplicación. Asimismo, cabe mencionar que se hicieron tomas de humedad con Sonda FDR para conocer la humedad residual del suelo de cero a 70 cm. Sabiendo que el cultivo de caña de azúcar es muy exigente en cuanto a

requerimientos hídricos, por lo cual la aplicación de riego es un factor importante que tiene relación directa en la producción.

El segundo servicio consistió en inventariar todos los accesorios utilizados en los equipos de riego por aspersión móvil y semifijos en Ingenio Pantaleón, S. A., durante las visitas a las fincas se determinó que los inventarios ya existentes no estaban actualizados, por lo que se hicieron nuevos formatos para llevar un mejor control por equipo (motobomba), este servicio permitió enfocarse al riego por aspersión móvil y semifijo el cual se llevó a cabo en las tres regiones del ingenio Pantaleón, cubriendo un 40% del área total de riego.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMIFIJOS Y MÓVIL MINI EN LA REGIÓN CENTRO DE INGENIO PANTALEÓN S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

1.1 PRESENTACIÓN

La corporación Pantaleón-Concepción es una organización que está dedicada al procesamiento de caña de azúcar. Esta empresa cuenta con varios sistemas de riego; siendo ellos aspersión semifijos y aspersión móvil mini. Durante la actividad de EPS se lograron varios puntos de mejoras para la reducción de tiempos perdidos en cada sistema de riego. Los objetivos trazados durante las actividades fueron alcanzados con apoyo del área de riegos.

Ingenio Pantaleón S.A., está dividido en once zonas productivas y tres regiones (Región Oeste: Verapaz, El Baúl, Pantaleón, Puyumate. Región Centro: Florida Pantaleón, Bonampak, Limones, Playa Grande y Región Este: Concepción, Paso Antonio y California). El diagnóstico se realizó en la región centro que abarca cuatro zonas: Florida Pantaleón, Bonampak, Limones y Playa Grande. El diagnóstico se enfocó en los diseños y la operación de los sistemas de riego por aspersión semifijos y móvil mini, en el cual se encuentran involucrados los servicios técnicos agrícolas del Departamento de Ingeniería Agrícola de Ingenio Pantaleón S.A.

En el presente diagnóstico se evidencian los procesos y actividades actuales de los sistemas de riego por aspersión semifijos y móvil mini, específicamente se enfocó al incremento de área cultivada con caña de azúcar y en forma relativa la disminución de las Ha regadas/motobomba/día debido al mayor problema, siendo los tiempos perdidos en relación a las horas trabajadas.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación geográfica

El casco central de la Finca Pantaleón, donde se ubica la Región Centro, se localiza en jurisdicción del municipio de Siquinalá dentro de las coordenadas geográficas: latitud 14°20'04" Norte y longitud 90°58'31" Oeste. A una altitud de 460 metros sobre el nivel del mar. La finca Pantaleón colinda al Norte con la comunidad Morelia, al Sur con la finca El Bálsamo, al Este con el municipio de Siquinalá y al Oeste con el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.

El acceso a la unidad de práctica es por la carretera al Pacífico CA-2 en el kilómetro 86.5 al costado sur de la cinta asfáltica a cuatro kilómetros del municipio de Siquinalá y dos kilómetros antes del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, estos del departamento de Escuintla (ver figura 1).



Figura 1 Localización del Ingenio Pantaleón en el departamento de Escuintla, Guatemala.

1.2.2 Características Físico - Biológicas

1.2.2.1 Zonas de vida:

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala basado en el sistema Holdridge, las fincas de la corporación Pantaleón S.A. se encuentran ubicadas en las zonas de vida: Bosque Húmedo Subtropical cálido (bh-S (c)) y Bosque muy Húmedo Subtropical cálido (bmh-S (c)) las cuales se caracterizan por mantener una precipitación que varía entre 1,500 y 4,500 milímetros, con una temperatura que varía de 15 y 36 grados centígrados siendo los meses más cálidos marzo y abril (ver cuadro 1).

1.2.3 Recursos naturales:

1.2.3.1 Recursos Hídricos

La precipitación pluvial también está dada en función a los estratos altitudinales, los cuales se mencionan a continuación: Estrato alto (>300 msnm), estrato medio (100 a 299 msnm), estrato bajo (40 a 99 msnm) y estrato litoral (0 a 39 msnm) (ver figura 2).

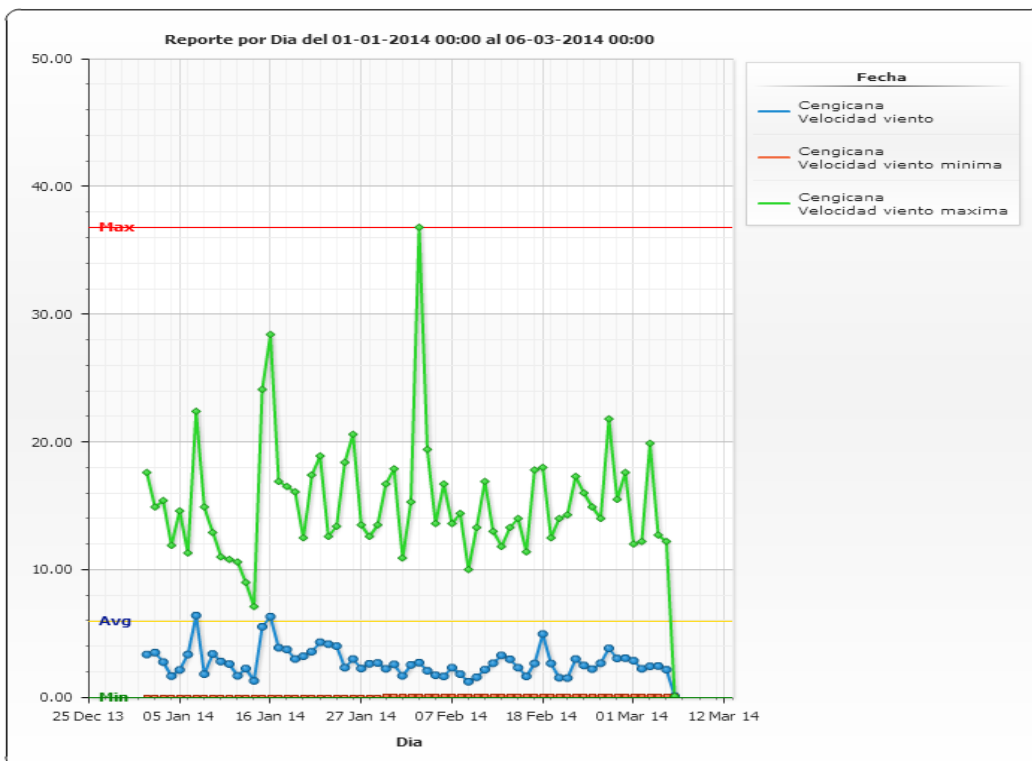


Figura 2 Velocidad del viento actual en la región centro – Fuente CENGICAÑA

Cuadro 1 Estación: Precipitaciones acumuladas mensualmente y anualmente en milímetros (mm).

En el cuadro No. 1 se muestran las precipitaciones acumuladas mensual y anual en milímetros.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2003	0.6	18.9	42.8	110.8	503.2	475.3	417.4	289.7	469.7	413.9	131.1	0.2	2873.6
2004	0	8.6	89.7	63.2	478.8	275.8	354.8	195.2	568.6	CLAUSURADA	----	----	2034.7

El departamento administra sus actividades en sus tres estratos. Según encargados de realizar aforos existen 263 fuentes de agua que son utilizados para los diferentes tipos de riego entre ellos se cuentan con canales, riachuelos, zanjones, tomas, salidas de sedimentos, etc. En el cuadro se muestran únicamente los principales ríos.

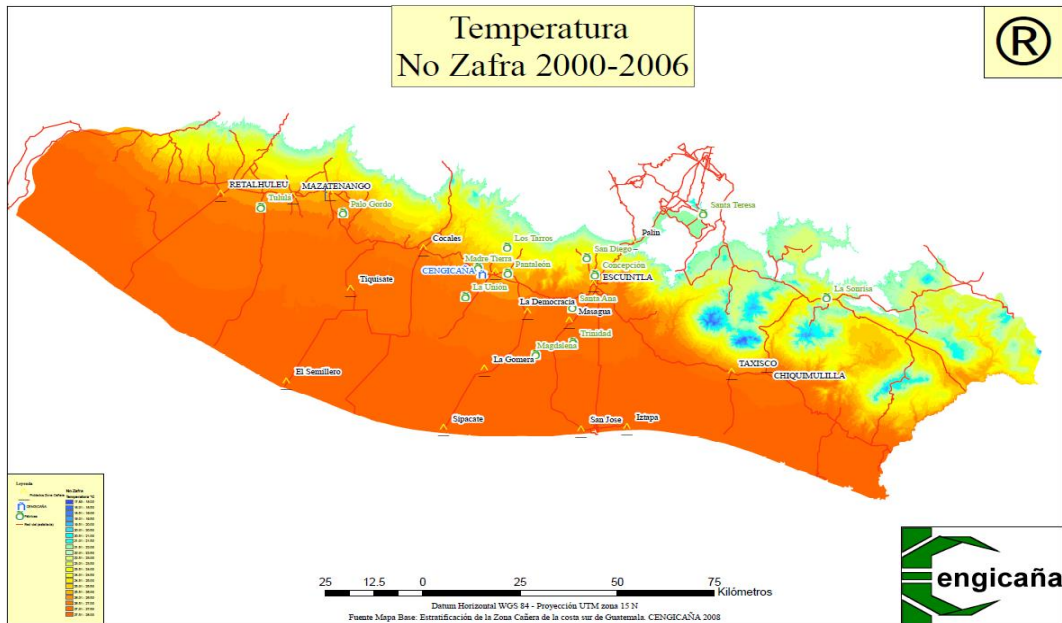


Figura 3 Temperatura zona cañera de Guatemala – fuente CENGICAÑA

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general:

Conocer la situación actual de los sistemas de riego por aspersión semifijos y móvil mini en la región centro de La corporación Pantaleón-Concepción.

1.3.2 Objetivos específicos:

1.3.2.1 Determinar el tiempo de operación perdido en los sistemas semifijos y móviles mini.

1.3.2.2 Evaluar la eficiencia de las horas trabajadas y las horas perdidas en la operación de los sistemas de riego.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Definición del estudio

El estudio del diagnóstico se realizó con base en los tiempos perdidos en los sistemas de riego por aspersión semifijos y móvil mini de la corporación Pantaleón-Concepción, así como también la eficiencia de las horas trabajadas y horas perdidas.

1.4.2 Tiempo y espacio

El estudio se realizó durante un mes y medio, iniciando desde el tres de Febrero al quince de Marzo de 2014, se recopiló información primaria y secundaria sobre los sistemas de riego por aspersión semifijos y móvil mini dentro de la región centro del Ingenio Pantaleón S.A.

1.4.3 Recolección de la información

El formato que se utilizó para la obtención de datos fue a través de hojas de registro para los distintos tipos de motobombas, cada hoja de registro se obtuvo por los distintos encargados de motobombas.

1.4.4 Monitoreos

Consistió en comparar semana con semana las hectáreas regadas, horas trabajadas e indicadores como son hectáreas por hora (ha/hr) y hectáreas por hora por día (ha/hr/día), en donde se utilizaron tablas que se presentan en los resultados tales como: Equipo operando por semana por zona, Hectáreas regadas con motobomba por zona y semana de zafra, Hectáreas regadas por semana con motobomba, Horas por hectáreas regadas por zona y Eficiencia en tiempo operado de motobomba por zona, se hizo con el fin de buscar como poder dar mejora y optimizar los tiempos perdidos en el sistema de riego por aspersión semifijo y móvil mini dentro de la región centro.

1.4.5 Comparación de horas perdidas

Para determinar la razón de horas perdidas se realizó una comparación de eficiencia de operación por cada motobomba y entre las variables que se consideraron son las

siguientes: instalación de equipos, traslados de equipos, paros por lluvia y fallas mecánicas del motor.

1.4.6 Evaluación de Eficiencias

Lo que a eficiencia se refiere, se utilizó el tiempo de operación de las motobombas, este tiempo tubo dos denominaciones tiempo neto de operación, este contempla las horas de trabajo de motobomba, por otro lado está el tiempo perdido, esto es cuando la motobomba está apagada y si contabiliza las horas, para saber en cuánto fue la distribución de las mismas y saber cuáles son las razones de los tiempos perdidos.

1.5 RESULTADOS

La región centro está dividida por cuatro zonas siendo ellas (zona 5, 6, 7 y 8), en el cuadro dos están representados de color verde todos los equipos operando por semana y por zona. Los equipos que están operando con más del 100% de eficiencia son por estar operando con equipos prestados de otra zona, como se pudo observar en la zona 7, esta zona cuenta únicamente con 28 equipos y resulta que su operación a la semana 15 es con 33 equipos dando una eficiencia más del 100% siendo (118% o 1.18%) (Ver cuadro 2).

Cuadro 2 Equipo operando por semana por zona.

	Equipos operando por semana por zona											
Equipos asignados	32	30	16	5	24	21	28	22	14	35	20	247
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Sem zafra	Equipos operando por semana por zona											Total semana
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
5	4	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	8
6	14	10	2	0	8	4	1	4	4	2	5	54
7	19	18	8	0	17	9	5	5	6	5	11	103
8	22	24	10	2	15	11	11	8	5	12	10	130
9	26	30	15	4	20	13	19	12	10	24	15	188
10	31	29	15	4	20	19	23	13	13	24	17	208
11	29	30	16	5	20	17	23	14	13	29	17	213
12	27	27	16	4	22	18	29	17	14	33	22	228
13	28	28	16	3	21	18	30	19	14	34	23	234
14	29	26	16	1	21	20	30	19	14	32	23	231
15	28	27	15	4	22	18	33	19	14	31	23	234
	0.88	0.90	0.94	0.80	0.92	0.86	1.18	0.86	1.00	0.89	1.15	

Las hectáreas regadas con motobombas por zona y semana de zafra, en el cuadro número tres se representan todas las áreas de todas las zonas, el cual se logró observar con un color representativo marcando las zonas 5, 6, 7 y 8 siendo estas zonas de la región centro, dando un total de 20,897 ha regadas hasta la semana 15. Distribuidas de la siguiente forma. La zona 5 tiene un total de 5,122.03 ha, zona 6 tienen un total de 5,922.24 ha, zona 7 tiene un total de 5,693.66 ha y la zona 8 tiene un total de 4,158.86 ha (ver cuadro 3).

Cuadro 3 Hectáreas regadas con motobomba por zona y semana de zafra.

Hectáreas regadas con motobomba por zona y semana de zafra												
	Zona											
Semana zafra	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	Grand Total
2	28.08											28.08
3	62.56											62.56
4	24.1											24.1
5	93.6				26		8.1		115.38			243.08
6	346.21	161.66	33.82		178.83	103.46	8.5	118.79	170.05	80.09	70.14	1271.55
7	428.28	528.49	261.12		433.91	289.85	114.85	188.85	128.83	118.34	272.59	2765.11
8	686.86	772.93	319.78	19.9	170.72	421.89	322.5	306.05	184.96	315.63	101.81	3623.03
9	753.05	871.82	495.79	53.12	555.18	544.29	482.31	356.33	302.38	632.91	434.4	5481.58
10	910.32	988.04	537.82	106.33	577.73	722.8	705.25	488.78	438.03	819.54	467.07	6761.71
11	944.39	978.16	538.62	110.61	634.78	748.6	708.05	553.32	285.54	834.88	504.68	6841.63
12	878.54	953.26	578.78	104.88	566.39	783.6	700.05	550.95	417.2	976.24	537.65	7047.54
13	912.52	950.53	555.54	42.08	643.66	813.71	862.56	528.1	428.14	1055.28	548.76	7340.88
14	941.21	869.7	595.66	29.17	683.52	753.86	858.07	528.07	460.21	861.46	540.72	7121.65
15	838.36	884.75	557.06	78.12	651.31	740.18	923.42	539.62	453.9	818.53	591.26	7076.51
Grand Total	7848.08	7959.34	4473.99	544.21	5122.03	5922.24	5693.66	4158.86	3384.62	6512.9	4069.08	55689.01

En relación a las hectáreas regadas por semana con motobomba se debe de tener un promedio de 37 ha por semana/equipo. Observando los resultados obtenidos la zona 5, 6 y 8 son las únicas dentro de la región centro que alcanzaron y sobrepasaron el promedio requerido de ha regadas/semana con motobombas dando como resultado: 39.2, 47.3 y 42.7 ha regadas/semana/equipo (ver cuadro 4).

Cuadro 4 Hectáreas regadas por semana con motobomba.

Hectáreas regadas por semana con motobomba												
Zona												Total equipos
Semana zafra	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
2	7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.0
3	7.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.8
4	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.0
5	11.7	0	0	0	13.0	0	4.1	0	28.8	0	0	15.2
6	20.4	16.2	16.9	0	17.5	20.9	8.5	26.1	29.2	29.5	14.0	19.7
7	22.5	29.4	32.6	0	25.5	32.2	23.0	37.8	21.5	23.7	24.8	26.8
8	31.2	32.2	32.0	10.0	11.4	38.4	29.3	38.3	37.0	26.3	10.2	27.9
9	29.0	29.1	33.1	13.3	27.8	41.9	25.4	29.7	30.2	26.4	29.0	29.2
10	29.4	34.1	35.9	26.6	28.9	38.0	30.7	37.6	33.7	34.1	27.5	32.5
11	32.6	32.6	33.7	22.1	31.7	44.0	30.8	39.5	44.1	28.8	29.7	32.1
12	36.2	35.9	33.7	28.7	31.4	43.0	24.5	36.3	50.7	25.8	24.6	30.4
13	36.2	34.2	33.8	39.7	35.7	44.5	23.8	35.9	60.4	25.5	25.2	29.9
14	36.1	36.5	33.8	123.5	38.4	41.3	23.9	39.3	70.0	27.5	26.8	30.7
15	38.6	34.8	36.1	31.9	39.2	47.3	21.8	42.7	79.7	28.9	28.5	30.6

En el cuadro cinco se presentan los resultados de las h/ha/zona, se estableció por parte de la empresa que se tenga la meta de regar 0.33 h/ha. Dentro de los resultados se observó que únicamente la zona 6 y la zona 8 cumplieron hasta la semana 15, alcanzar y sobrepasar la meta del tiempo de riego por hectárea siendo para la zona 6 “0.37 h/ha” y para la zona 8 “0.60 h/ha” (ver cuadro 5).

Cuadro 5 Horas por hectáreas regadas por zona.

Semana zafra	Hrs/Ha regadas por zona											Grand Total	
	Zona												
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11		
2	0.19												0.19
3	0.17												0.17
4	0.20												0.20
5	0.52				0.93		0.28		0.29				0.42
6	1.82	2.78	0.76		0.27	0.38	0.25	3.16	0.27	0.26	0.25		1.19
7	0.46	2.80	0.41		0.33	0.38	0.49	3.85	0.28	0.23	0.27		1.04
8	2.61	3.53	0.32	0.36	0.28	0.40	0.36	0.37	0.29	0.24	0.25		1.39
9	0.35	3.13	0.31	0.31	0.29	0.40	0.31	0.38	0.28	0.24	0.22		0.74
10	0.38	0.39	0.30	0.32	0.27	0.38	0.32	0.38	0.27	0.27	0.24		0.32
11	0.33	0.31	0.31	0.31	0.27	0.38	0.29	0.37	0.30	0.26	0.24		0.30
12	0.32	0.32	0.30	0.30	0.27	0.39	0.30	0.36	0.28	0.25	0.23		0.30
13	0.32	0.29	0.30	0.31	0.26	0.35	0.31	0.35	0.27	0.25	0.23		0.29
14	0.32	0.30	0.31	0.29	0.26	0.35	0.31	0.36	0.30	0.23	0.22		0.29
15	0.31	0.29	0.31	0.29	0.27	0.37	0.31	0.35	0.28	0.22	0.23		0.29
Grand Total	0.56	1.12	0.31	0.31	0.28	0.37	0.31	0.60	0.28	0.25	0.24		0.46

En cuanto al cuadro de las eficiencias en tiempo operado de motobombas por zona se logró tener un resultado de las horas trabajadas, horas perdidas y la eficiencia en tiempo operado, representando un total de 29, 237 horas trabajadas, 16, 231 horas perdidas y una eficiencia promedio del 64 % de las cuatro zonas de la región centro (ver cuadro 6).

Cuadro 6 Eficiencia en tiempo operado de motobomba por zona.

Eficiencia en tiempo operado de motobombas por zona			
Zona	Horas trabajadas	Horas perdidas	% Eficiencia en tiempo operado
1	11181.5	8,869	56
2	7356.1	7,390	50
3	7563	2,974	72
4	926	1,220	43
5	9359.6	5,571	63
6	7449	3,376	69
7	7684.1	4,076	65
8	4744	3,208	60
9	5422	2,696	67
10	11299	4,682	71
11	7792	4,623	63
Total	80,776	48,685	62

El tiempo perdido por motobomba se estableció un rango del 1 % al 100 %, el cual dentro de los resultados se logró observar que el 90 % de los tiempo perdidos es por “instalación de equipos, traslado de equipo, fallas mecánicas, falta de tractor, falta de agua, días festivos o feriados, brecheo de lotes, falta de área p/riego, equipo parqueado y condiciones climáticas” estas causas son las más representativas en las que se dan los tiempos perdidos, y en el mismo cuadro se logró observar que la restante descripción únicamente abarca el 10 % de los tiempos perdidos.

Cuadro 7 Tiempo perdido motobombas.

DESCRIPCIÓN	HORAS	%	90-10
INSTALACION DE EQUIPOS	20922.55	42.98	90.65
TRASLADO DE EQUIPO	5392.83	11.08	
FALLAS MECANICAS	3684.67	7.57	
FALTA DE TRACTOR	2703	5.55	
FALTA DE AGUA	2426.67	4.98	
DIAS FESTIVOS O FERIADOS	2311	4.75	
BRECHEO DE LOTES	1957.34	4.02	
FALTA DE AREA P/RIEGO	1832.4	3.76	
EQUIPO PARQUEADO	1675	3.44	
CONDICIONES CLIMATICAS	1228.46	2.52	
FUGAS EN TUBERIA Y ACCESO	927	1.90	9.35
PARO POR VIENTO	721	1.48	
FALTA DE COMBUSTIBLE	719	1.48	
FALLAS ELECTRICAS	594.98	1.22	
FALTA EQ. Y ACCESORIOS	348	0.71	
FALLAS EN SIS SUCCION	165	0.34	
PARO POR AGUA SUCIA	157	0.32	
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	110	0.23	
PARO POR LLUVIA	108	0.22	
LLANTA PINCHADA	102.98	0.21	
FALTA DE LUBRICANTES	76	0.16	
ALIMENTACION	62	0.13	
PARO DE RIEGO POR RUTA CA	59	0.12	
FALTA DE PERSONAL	57	0.12	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	43	0.09	
REP. & ALINEA. ESTRUCTURA	41.18	0.08	
FALTA DE CARRETA TUBERA	33	0.07	
LIMPIEZA Y REPARACION CAN	31	0.06	
Equipo Operando	28	0.06	
FALTA DE VINAZA	28	0.06	
PARO MADURANTE/COSECHA	24	0.05	
PROBLEMAS EN RUTA CAÑERA	24	0.05	
PARO DAÑO REBOMBEO	21	0.04	
REPARACION DE TUBERIA	17	0.03	
FALTA DE EQUIPO DE COSECH	12	0.02	
MAQ. Y/O EQUIPO ATASCADO	12	0.02	
REPARACION DE ACCESORIOS	12	0.02	
FALTA DE TRANSPORTE	8	0.02	
DAÑO EN PARRILLAS	5	0.01	
PROBLEMAS PASOS/DIQUES/PU	5	0.01	
Total	48685	100.00	

1.5.1 Jerarquización de problemas

- Instalación de equipos de riego en las zonas de la región centro.
- Traslado de equipo hacia algunas fincas de la región centro.
- Fallas mecánicas de las motobombas
- Falta de tractor para uso exclusivo de riegos
- Paros por lluvia en ciertas fincas de la región centro
- Falta de agua debido a que algunos ríos, quíneles u otros se quedaron vacíos debido al mal uso del agua.
- Días festivos o feriados.
- Brecheo de lotes.
- Falta de área para riego.
- Equipo parqueado.
- Condiciones climáticas.

1.5.2 Problemática priorizada

La problemática que se logró priorizar durante este diagnóstico como se hizo mención durante el documento que los tiempos perdidos dados por: instalación de equipos, traslados de equipos, paros por lluvia y fallas mecánicas del motor son los factores muy fuerte, que han provocado el incremento del costo establecido.

1.6 CONCLUSIONES

1. Con base a los resultados se logró determinar la situación actual de los sistemas de riego aspersión semifijos y aspersión móvil mini.
2. Con un análisis general del diagnóstico basándose en la sub área de riegos y drenajes del departamento de ingeniería agrícola se analizó que la principal problemática de tiempos perdidos en los sistemas de riego por aspersión semifijos y móvil mini se dan debido a que no se tiene la asistencia técnica con base a los reportes de la maquinaria dañada y esto genera que el apoyo técnico se lleve a cabo lentamente.
3. Los cuatro principales problemas encontrados en el riego por aspersión semifijos y móvil mini, siendo el primero instalación de equipos, segundo traslados de equipos, tercero paros por lluvia y por último fallas mecánicas del motor.
4. Con base a los cuadros en los resultados se logró realizar el análisis con tablas (Excel) comparativas de los reportes actuales, por lo cual se determinó el promedio de 7,309 horas trabajadas y 4,058 horas perdidas; obteniendo una eficiencia de operación de 64%.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro de investigación de la caña de azúcar, GT). 2010. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2013-2014. Guatemala. 6p.
2. Natareno, J. 2008. Diagnóstico de riegos y drenajes, Ingenio Pantaleón Concepción S.A. Escuintla. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 288p.
3. Osorio, R. 2005. Manual del proceso del riego por aspersion gravedad. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón Concepción S.A., Departamento de Ingeniería Agrícola. 9p.

Yo, Bo. Rolando Barrios
FAUSAC
TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
* REVISIÓN *

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE RIEGO CON TRES FRECUENCIAS Y DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN LA ETAPA DE MACOLLAMIENTO, FINCA LA CUCHILLA, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF THE IRRIGATION EFFECT WITH THREE FREQUENCIES AND TWO SOURCES OF FERTILIZATION IN THE PRODUCTION OF SUGAR CANE (*Saccharum spp.*) IN THE STAGE OF MACOLLAMIENTO, FINCA LA CUCHILLA, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

2.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos 36 años, Pantaleón ha mantenido un desarrollo acelerado, construyendo modernas plantas y realizando inversiones productivas en el agro y la industria, con tecnología de punta y procesos innovadores que le han permitido ser reconocido como uno de los principales productores eficientes de bajo costo en el mundo.

El cultivo de caña de azúcar ha tenido mucha trascendencia en cuanto respecta al riego, considerando que en la costa sur las áreas cultivadas no todas requieren la misma cantidad de agua.

Se sabe que el riego que actualmente se utiliza en la zona cañera, es de aspersión cañón tomando muy en cuenta que tiende a aspirar ser una actividad más precisa, logrando estimar el requerimiento hídrico del cultivo y la aplicación precisa de volumen de agua en relación al tiempo requerido.

La política de Ingenio Pantaleón, S.A., para el uso del agua en sus cultivos pretende inducir un significativo cambio en las técnicas de manejo del riego considerando que el cultivo de caña de azúcar es de larga duración el cual produce enormes cantidades de biomasa, este cultivo es una de las plantas con mayores requerimientos de agua, es por ello que esta investigación tuvo como fin lograr conocer cuánto tiempo resiste el cultivo sin agua.

Pantaleón cuenta con un área territorial de 67,550 hectáreas, de lo cual 54,000 hectáreas de fincas propias y 9,701 hectáreas de fincas particulares utilizadas para área de riego. Estas áreas están divididas en tres regiones; siendo ellas región oeste, región centro y región este, dentro de cada región se cuenta con los diferentes sistemas de riego con motobomba; aspersión móvil cañón, aspersión móvil mini, semifijo cañón, semifijo mini, semifijo midi 7025, xcell wobbler móvil. También cuenta con sistemas de riego mecanizados; tales como pivote móvil, pivote fijo, avance frontal 1 ala, avance frontal 2 alas.

El riego es vital para la producción de los cultivos e incide directamente en su siembra, crecimiento y productividad. Con el fin de poder maximizar el efecto del riego en la productividad de caña de azúcar es necesario determinar el comportamiento del cultivo a diferentes dosis de riego, manteniendo bajo control todas las demás variables agronómicas como plagas, fertilización, control de malezas, variedad, suelo. Actualmente la cantidad de agua que se aplica mediante los diferentes tipos de riego, debe cuantificarse con base a la demanda hídrica del cultivo en diferentes etapas fenológicas, la evapotranspiración potencial en los diferentes meses de verano, y la capacidad de retención de agua de los diferentes tipos de suelo. Para lograr definir el momento óptimo de riego es necesario tomar como base la humedad del suelo, utilizando para ello un equipo sofisticado y especial para la humedad el cual puede ser muy variable en sus resultados.

Para determinar la demanda que conlleva un sistema de baja presión, se estableció el ensayo en finca la cuchilla en una de las zonas de Ingenio Pantaleón, esta investigación tuvo una duración de 11 meses, siendo una caña soca (variedad CP72 2086). Dentro de estos hechos relevantes durante el proceso de crecimiento de la caña de azúcar se logró determinar la necesidad macro y micro nutrientes que el cultivo demanda.

El sistema de riego utilizado en el ensayo de finca La Cuchilla fue riego por aspersión con aspersores tipo mini wobbler, con finalidad primordial el ahorro de agua y darle al cultivo la cantidad requerida para su máximo desarrollo.

Se puede considerar que dentro de un manejo orientado al logro de cañaverales de alto rendimiento, la fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia. Además, su elevado costo exige realizar una ejecución oportuna y efectiva para asegurar su máximo aprovechamiento.

La fertilización aplicada en los tratamientos evaluados, se definió en función de los requerimientos de nutrientes de la caña de azúcar, utilizando en esta investigación dos fuentes de fertilización; siendo una comercial (110 kg de Nitrógeno puro + 2 m³ de vinaza) y otra

balanceada (500 kg de Sulfato de Calcio (CaSO_4)/ha + 350 kg de sulfato de Magnesio espolvoreado + 80 kg de Nitrógeno/ha en banda + 3.5 kg Boro/ha).

Los objetivos evaluados en la presente investigación, consistieron evaluar el efecto de tres frecuencias de riego y dos fuentes de fertilización sobre la producción de caña de azúcar en la etapa de macollamiento. La etapa de macollamiento se consideró hasta los 122 días después del corte (ddc), debido a que según Juárez (1998) indica que esta etapa finaliza a los 90 días después del corte.

Las variables evaluadas fueron Población y Altura de planta, estas lecturas fueron realizadas a los 90 días después del corte (ddc), 130 días después del corte (ddc), 160 días después del corte (ddc) y 290 días después del corte (ddc), permitiendo conocer el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar; los resultados determinaron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos de riego y sus dos fuentes de fertilización.

La lamina aplicada para los tratamientos de frecuencia de 20 días fue de 158 mm, frecuencia de 15 días fue de 178 mm y para la frecuencia de 10 días fue de 197 mm, cabe mencionar que dentro de estas laminas aplicadas se agregaron los dos riegos de germinación siendo ellos con una lámina de 53.5 mm cada uno, dando una lámina total de 107 mm.

Los puntos de acceso de medición de humedad como se presentan en la figura 7, estos permitieron ver el comportamiento de la humedad en el suelo en cada tratamiento, por lo que en la figura 12, 13, 14 y 15 de los tratamientos de 20 días; de 15 días, y de 10 días se logró observar que el agua a reponer no fue la suficiente, por lo que el cultivo de caña de azúcar en la etapa de macollamiento estuvo demasiado expuesto al estrés hídrico, ya que en ningún momento se logró llegar a capacidad de campo.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático, ha venido modificando los patrones de lluvias año con año por lo que se pronostica a futuro escases de agua por efecto de lluvias, todo esto se ha dado debido a su mal uso. La contaminación es otro factor muy importante que ha venido afectando, mostrando una vulnerabilidad presente en la región cañera, abarcando tanto el medio físico como el socioeconómico, sabiendo que cabe decir que el agua es una fuente muy importante para todo tipo de cultivo.

La escases de agua es unos de los principales problemas para la industria cañera, debido al múltiple uso de este recurso importante para la vida en sí, añadiendo que se ha venido escaseando por mal uso o un mal manejo del riego; esto también conlleva a que toda la industria cañera necesita agua para diferentes usos, asimismo en varios sectores de la costa sur, desvían el agua para uso de las fincas, esto implica que varias empresas empiezan a tener un estado crítico porque no hay agua para suministrarle al cultivo y es donde la producción se ve afectada por falta de agua.

La agricultura es el mayor usuario de agua en el mundo, además de esto se ha difundido la percepción general de que el uso agrícola del agua es poco eficiente y que tiende a tener menor valor que otros usos.

El cultivo de caña ha tenido bajas producciones en áreas en donde únicamente logran regar en cierto tiempo del verano, viéndose afectados por la época seca del año que comprende del mes de Noviembre al mes de Mayo, por lo que es muy importante suministrar el agua de una manera óptima, todo esto con la ayuda de sistemas de riego eficientes, para así lograr encontrar una forma de poder mantener al cultivo en sus condiciones óptimas para su producción.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Marco conceptual

2.3.1.1 Importancia de la caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar es importante para la economía del país en general, en su actualidad se cultivan alrededor de 263,056 hectáreas (CENGICAÑA, 2013). En Guatemala operaran 12 ingenios, ubicados en cuatro departamentos de la costa sur del pacifico; siendo ellos Escuintla, Santa Rosa, Retalhuleu. La agroindustria azucarera guatemalteca, que representa alrededor del 3% del PIB nacional, generando 421,000 empleos directos e indirectos, de los cuales 32,000 corresponden a cortadores de caña (AZASGUA, 2015).

2.3.1.2 Descripción taxonómica

Reino	Vegetal
Subreino	Embryobionta
División	Embryophitasiphonogama
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Glumiflorae
Familia	Gramineae
Genero	Saccharum

(Subiros, 1995).

2.3.1.3 Morfología de la planta

La raíz constituye el anclaje de la planta y medio para la absorción de nutrientes y de agua del suelo. Está formada por dos tipos de raíces; las del primer tipo se originan a partir de las bandas de primordios radicales, localizada en el anillo de crecimiento de trozo original (estaca) que se planta y se siembra, y el segundo tipo de raíces permanentes brotan de anillos de crecimiento radical de los nuevos brotes (Cassalett Torres e Isaac, 1995).

2.3.1.4 Etapas de desarrollo de la caña de azúcar

La caña de azúcar en Guatemala normalmente se cosecha a los 12 meses de edad, con ayuda de la aplicación de madurante (productos que incrementan la concentración de azúcar en el tallo), este producto a incidido en el incremento en cuanto rendimiento de azúcar por tonelada de caña.

Las etapas de desarrollo que se manifiestan durante la época seca y que son objeto de riego son fundamentalmente las de germinación y macollamiento y una gran fracción de la elongación en plantaciones cosechadas al inicio de la zafra (noviembre, diciembre), la germinación y macollamiento e inicios de la elongación en campos establecidos en el segundo tercio de la zafra (enero-febrero) y riego en las etapas de macollamiento y formación de la cosecha o finales de la elongación (riego pre-corte) en variedades tardías (Juárez, D.; Muñoz, E. 1998).

La magnitud de la pérdida de agua por evaporación del cultivo depende del estado de desarrollo en que se encuentre.

Según Juárez 1998 (ver cuadro 1), las etapas de desarrollo que tienen lugar durante la época seca y que son objeto de riego son las de germinación y macollamiento y una gran fracción de la elongación en plantaciones cosechadas al inicio de la zafra; la germinación y macollamiento e inicios de la elongación en campos establecidos en el segundo tercio de la zafra y riego en la fase de formación de la cosecha o finales de la elongación en variedades tardías (riego pre-corte).

Cuadro 8 Etapas de desarrollo en caña de azúcar

No.	Etapas Fenológica	Duración (días)	Acumulado (días)
1	Iniciación	30	30
2	Macollamiento	60	90
3	Elongación	Variable	Variable
6	Maduración	30	30

(Juárez, 1998).

En el área cañera de Guatemala encontramos una variedad de microclimas, tipos de suelos y diferentes comportamientos del nivel freático; factores que combinados entre sí caracterizan los diferentes ambientes en los que se desarrollan las variedades de caña de azúcares (tempranas, medianas y tardías) (Juárez, 2001).

La programación del riego de agua en el cultivo de caña de azúcar, incluye aspectos como la cantidad de agua a regar, el momento en que se va a regar, el intervalo entre aplicaciones de riego. Para ello es necesario determinar el contenido de la humedad del suelo, además de la información y del requerimiento hídrico del cultivo para estar a capacidad de campo. Con esto se asegura una optimización en la aplicación del agua, reduciendo la pérdida y desaprovechamiento del agua (Netafim, Manejo de riego).

Sabemos que el agua juega un papel muy importante en todo el mundo, se considera que es de vital importancia en el crecimiento, desarrollo de toda planta y no se diga en la producción de caña de azúcar.

La clave para que un sistema de riego de precisión tenga éxito será la definición de objetivos específicos del espacio a regar, que pueden incluir:

- Ahorro de agua y la reducción de costos mediante la aplicación de la cantidad de riego óptima.
- Reducir al mínimo el impacto ambiental adverso, y una mejor gestión de los recursos.
- Optimizar el valor económico del agua aplicada a través del riego.
- Optimización de la producción de cultivos (cantidad de rendimiento y calidad).

2.3.1.5 Relación Agua - Suelo

El departamento de agricultura de los Estados Unidos USDA considera que la cantidad de agua disponible en el suelo para consumo de la planta se determina por sus propiedades físicas. Dicha cantidad es determinante para la vida de la planta y es básica para establecer tanto el

volumen como la frecuencia del riego requerido para asegurar el desarrollo continuo del cultivo (Grassi, C. J. 1998).

2.3.1.6 Formas de expresar el contenido de humedad del suelo

Para fines de riego, el contenido de agua en un suelo se puede expresar de tres maneras: con base a peso de suelo seco (Ps), con base a volumen (Pv) y como una lámina de agua (L) (Sandoval, 1989).

2.3.1.7 Clases de agua en el suelo

Entre el suelo saturado y un suelo se pueden clasificar diferentes clases de agua y su relación con su disponibilidad y desarrollo de las plantas, estas son: agua gravitacional, capilar e higroscópica (Sandoval, 1989).

a. Agua gravitacional

Es el agua que se mueve libremente hacia abajo en los poros grandes debido a la acción de la gravedad (Sandoval, 1989).

b. Agua capilar

Agua contenida en los poros pequeños, esta retenida entre 1/3 y 15 atmosferas (Sandoval, 1989).

c. Agua higroscópica

Hace referencia al agua que queda adherida herméticamente en forma de capas muy delgadas alrededor de las partículas del suelo. La fuerza de adhesión es tan grande que esta película de agua, no puede moverse en el suelo, ni ser aprovechada por la planta y es ahí donde comienza el proceso de marchitez (Sandoval, 1989).

2.3.1.8 Métodos para determinar el contenido de humedad en el suelo

Es una alternativa importante para realizar controles en la aplicación del riego, la medición de la cantidad de agua en el suelo se puede hacer con métodos directos e indirectos (Melgar, et al., 2012).

El método directo es la base para la calibración de los métodos indirectos, los métodos indirectos se basan en la medición del contenido de agua en el suelo con el uso de instrumentos, como: el tensiómetro y sensores de matriz granular (GMS) que miden el potencial mátrico y la sonda de neutrones que utiliza fuentes radioactivas. En la actualidad se han desarrollado nuevos instrumentos, como los electromagnéticos, entre ellos el TDR (Reflectometría de dominio de tiempo) y el FDR (Reflectometría de dominio de frecuencias) (Melgar, et al., 2012).

El uso de herramientas para evaluar las humedades en el suelo con sondas FDR continuas y/o portátiles constituye un método no destructivo y menos tedioso para medir la humedad del suelo.

La determinación de la humedad del suelo con el FDR es confiable y precisa por lo que representa ser una alternativa importante para el control de la humedad del suelo (Melgar, et al., 2012).

VENTAJAS

- Alta precisión después de una calibración suelo específica.
- Puede leer a niveles de salinidad más altos que el TDR.
- Mayor resolución que el TDR (ruido de la forma de la onda).
- Menor tiempo de medición que el TDR.
- Mayor flexibilidad en el diseño de las sondas.

DESVENTAJAS

- Caro

- Esfera de influencia pequeña (4-10 cm).
- Muy sensible a la bolsas de aire (excelente contacto con el suelo).
- Más sensible a la temperatura y el contenido de arcillas que el TDR.
- La precisión y la resolución disminuyen con la disminución de θ .

2.3.1.9 Descripción general del sistema FDR

La unidad de visualización Diviner 2000 es una herramienta de almacenamiento, visualización y conversión. Recoge y almacena información de hasta 99 perfiles o sitios de medición de la humedad del suelo.

- a. Equipo o componentes requeridos para el establecimiento de punto para realizar muestreos de humedad por sonda: (ver anexo 4).
 - Trípode para colocación de tubo PVC.
 - Anillo de metal.
 - Corcho para tapón de la parte inferior del tubo.
 - Dollin.
 - Martillo para la introducción de tubo PVC.
 - Barreno agrícola para extraer la tierra dentro del tubo durante la introducción.
 - Tapón con rosca PVC para cubrir el punto de muestreo.
- b. Equipo para toma de lectura de humedad
 - Divinner (Receptor digital)
 - Bastón (toma lectura en punto)

c. Instalación en campo

Se debe de ubicar el punto exacto y tomar coordenadas con GPS

Instalación de equipo para introducción de tubo PVC.

- Instalación de trípode.
- Introducción de tubo PVC.
- Dollin soporte para golpe de PVC.
- Anillo de metal que abre el suelo para introducir el tubo.
- Saca corcho.
- Barreno agrícola.

- Extracción de suelo dentro del tubo.
- Martillo para introducción del tubo al suelo.
- Introducción del tubo PVC al suelo en su totalidad.
- Instalación de acople para tapón de tubo PVC.
- Introducción del corcho (sirve para tapón inferior del tubo PVC).
- Colocación de tapón en cada punto de muestreo.

d. Calibración del Diviner 2000

Antes de comenzar el uso del Diviner 2000, debe registrar una ecuación de calibración. El Diviner 2000 no genera automáticamente datos volumétricos exactos del contenido de agua en el suelo para todos tipos de suelos. Para obtener este tipo de información es necesario calibrar el Diviner 2000.

Se realiza la calibración utilizando la ecuación de calibración por de fábrica suministrada por Sentek Pty Ltd o derivando su propia ecuación personalizada de calibración. La ecuación suministrada por Sentek Pty Ltd proporciona datos relativos, su propia ecuación de calibración proporciona datos absolutos. Los datos relativos son suficientes para la mayoría de los usuarios.

2.3.1.10 Los cuidados importantes del equipo son:

- Mantener el equipo limpio y seco.
- Guardar el equipo en las cajas de protección cuando no esté en uso o durante el transporte.
- Embalar el equipo de manera apropiada cuando se lo transporte al lugar de utilización.

De esta manera al conocer las constantes de humedad del suelo se puede planear un riego en base a la siguiente fórmula de lámina de humedad aprovechable LAA. (León A, R., 2006).

$$LAA = \frac{(CC - PMP) * Da * Pr}{100}$$

Dónde:

LAA= Lámina de riego aprovechable (cm);

CC= Capacidad de campo (%);

PMP= Marchitamiento permanente (%);

Pr= Profundidad de las raíces (cm);

Da= Densidad aparente (g/cm³) del suelo;

2.3.1.11 Lámina de humedad rápidamente aprovechable (LARA)

Es la lámina de humedad rápidamente aprovechable para las plantas y es el resultado de multiplicar la lámina de humedad neta por el déficit permitido de manejo, lo cual nos da la cantidad de agua exacta a aplicar según la capacidad de retención del suelo. (León A, R., 2006).

$$LARA = \frac{[(CC - PMP) \times Da \times Pr] DPM}{100}$$

Dónde:

LAA= Lámina de riego aprovechable (cm);

CC= Capacidad de campo (%);

PMP= Marchitamiento permanente (%);

Pr= Profundidad de las raíces (cm);

Da= Densidad aparente (g/cm³) del suelo;

DPM= Déficit permitido de manejo.

2.3.1.12 Capacidad de campo (CC) y método para su detención

Capacidad de campo es el contenido de humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado. Es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de la gravedad. El concepto de capacidad de campo es de gran utilidad por ser el límite superior de agua aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además porque es el porcentaje de humedad al que la zona radicular debe regarse (Sandoval, 1989).

El método para la determinación se basa en la aplicación se basa en la aplicación de aire a 1/3 de atmosfera de presión a muestras de suelo saturadas. Al someter un suelo previamente saturado a una presión de succión equivalente a 1/3 atmosferas durante 24 horas, el agua gravitacional es expulsada y el contenido que queda en la muestra de suelo es la capacidad de campo (Sandoval, 1989).

2.3.1.13 Punto marchitez permanente

Se define como el porcentaje o contenido de humedad en el suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. Al alcanzar el suelo valores de PMP las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse aun cuando se coloquen durante una noche en una atmosfera saturada en la que casi no se produce consumo de agua (Sandoval, 1989).

2.3.1.14 Umbral de riego

A través de experiencia se ha demostrado que no se debe de permitir que los cultivos consuman el 100% de humedad aprovechable o disponible en el suelo, es decir que no se debe permitir que la humedad del suelo baje desde capacidad de campo hasta el punto de marchitez permanente, porque la producción del cultivo disminuir (Sandoval, 1989)

El porcentaje al cual se permite bajar la humedad del suelo antes de regar sin que la producción disminuya se le denomina punto crítico y se encuentra entre el valor de la capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El punto crítico varia con el tipo de cultivo, etapa de desarrollo del cultivo, suelo y clima (Sandoval, 1989).

Al rango entre capacidad de campo y punto crítico se le llama déficit permitido de manejo (DPM), también denominado umbral de riego (UR) o abatimiento de humedad disponible. Normalmente se expresa como el porcentaje de la humedad aprovechable total que puede ser usada por el cultivo sin que la producción de este disminuya (Sandoval, 1989)

2.3.1.15 El riego

El riego agrícola lo define Sandoval, como la aplicación artificial de agua al perfil del suelo, con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que las plantas produzcan económica y permanentemente. (Sandoval Illescas, JE. 1998).

2.3.1.16 Importancia del riego

El desarrollo económico y social de un país depende en gran medida de sus posibilidades para lograr una producción del sector agrícola acorde a las necesidades de alimento, además tener un buen excedente para exportar a otros países y servir de base a un desarrollo industrial. La utilización adecuada del recurso agua con fines de riego tiene impacto significativo en la economía del país.

2.3.1.17 Coeficiente de cultivo de la caña de azúcar

El coeficiente del cultivo (K_c) relaciona la aptitud de la caña a evapotranspirar a medida que el cultivo se desarrolla, desde que se siembra hasta que se cosecha. En el libro del cultivo de caña de azúcar en Guatemala se presentan valores de K_c obtenidos en investigaciones realizadas en ensayos de campo y seleccionados con base en la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación del agua a través del riego, con ello conformando un cuadro de acuerdo a la etapa fenológica de desarrollo y textura de suelo, como muestra en el cuadro (Melgar, et al., 2012).

2.3.1.18 Requerimientos de la caña de azúcar

Según Juárez (1998), el ciclo vegetal fisiológico de la caña de azúcar puede ser dividido en 3 etapas, germinación y macollamiento (hasta 2.5 meses), elongación (de 2.5 meses en adelante) y maduración.

2.3.1.19 Riego en caña de azúcar

El riego es una operación costosa, por lo mismo indica que se debe establecer de mejor forma el uso racional del agua. JUÁREZ, (1998) define las siguientes ventajas del riego en caña de azúcar:

- Incrementa el rendimiento y asegura la producción comercial del cultivo.
- El rebrote es más rápido, especialmente cuando se presenta un periodo seco después de la cosecha.
- Incrementa el número de socas en el cultivo.
- Mejora la germinación en condiciones de labranza mínima y en suelos difíciles de cultivar.
- Incrementa la flexibilidad para realizar labores culturales (cultivo, fertilización, etc.).

El mismo autor cita también ciertas desventajas:

- Costo de producción más alto (por mano de obra, bombeo, costo de equipo de riego, etc.).
- Tendencia a crecimiento del cultivo por lo que puede disminuir el contenido de azúcar a la cosecha.
- Incrementa el crecimiento de malezas JUÁREZ, (1998)

2.3.1.20 Consumo de agua de la caña de azúcar

Según Juárez (1998), en Guatemala tradicionalmente la programación de los riegos en el cultivo de la caña de azúcar se hace sobre la base de experiencias y casi siempre sin tener en cuenta las relaciones suelo-agua-planta, implicando el riesgo de aplicar un número excesivo de riegos o de someter el cultivo a periodos déficit de humedad, lo cual esto puede afectar la producción.

2.3.1.21 Requerimiento de nutrientes de la caña de azúcar

Las plantas como la caña de azúcar requieren para su crecimiento y desarrollo 16 elementos denominados esenciales. Estos nutrientes son carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). Adicionalmente debe incluirse el silicio (Si), aunque no se le considera esencial es importante y es un elemento benéfico en la nutrición del cultivo de caña de azúcar. El C, H y O provienen del agua y del aire, y son los elementos que constituyen la mayor parte del peso de las plantas. Los otros 13 elementos son minerales y provienen del suelo o son adicionados como fertilizantes (Pérez, Ovidio 2002).

El requerimiento de nutrientes para la caña de azúcar varía según la variedad, el suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo (Pérez, Ovidio 2002).

2.3.1.22 Nitrógeno

El nitrógeno es un componente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila y otros pigmentos, y también lo es para todo proceso enzimático. El N es absorbido por las raíces de las plantas en forma de ion amonio (NH_4^+) y en forma de ion nitrato (NO_3^-) (Mengel and Kirkby, 2000). La falta o escasez de nitrógeno se manifiesta en el poco desarrollo de toda la planta, poco macolla miento, tallos delgados y raquíticos y las hojas se tornan de un color verde pálido ó amarillento. El nitrógeno se encuentra en el suelo en su mayor parte en formas orgánicas (generalmente más del 95 %) ligado al C en el humus o en células muertas o vivas de plantas, microorganismos y animales pequeños (Allison, 1973) y solo pequeñas cantidades se encuentran en formas minerales (Pérez, O. 2012).

2.3.1.23 Fósforo

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

fósforo promueve el macollamiento y desarrollo de la raíz, de tal manera que es indispensable en las primeras fases del crecimiento del cultivo (Humbert, 1974). El mismo es absorbido por las raíces de las plantas en forma de iones ortofosfato primario y secundario (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) en función del pH del suelo (Marshner, 1995) (Pérez, O. 2012).

Las deficiencias de fósforo en el cultivo de caña de azúcar se manifiestan en un pobre macollamiento con tallos delgados y entrenudos cortos, las hojas son delgadas, angostas y más pequeñas (Pérez, O. 2012).

El P se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica. Las formas inorgánicas están constituidas por compuestos de la fase sólida, predominando los fosfatos de Ca, fosfatos de Fe y Al, dependiendo del pH del suelo. El fósforo orgánico se encuentra en los fosfolípidos, ácidos nucleicos y fitina y sus derivados. Las formas orgánicas de P deben ser mineralizadas para ser aprovechadas por las plantas (Pérez, O. 2012).

2.3.1.24 Potasio

El potasio es un elemento esencial en la osmoregulación, activación de enzimas, regulación del pH y balance entre aniones y cationes en las células. Interviene en la fotosíntesis y ejerce un control sobre los movimientos de azúcares y en el uso eficiente del agua por las plantas. El potasio en el suelo se encuentra en varias formas y con diferentes grados de disponibilidad. Las formas intercambiables y en solución son las fracciones fácilmente disponibles para las plantas, y por lo general son extraídas para los procedimientos analíticos a nivel de laboratorio para medir disponibilidad de este elemento en el suelo (Pérez, O. 2012).

2.3.1.25 El Yeso (Sulfato de Calcio CaSO_4)

El yeso (Sulfato de Calcio - CaSO_4) es uno de esos materiales raros que se desempeñan en las tres categorías de tratamiento de suelos: en la mejora, acondicionamiento y fertilización (Pérez, O. 2012).

Los acondicionadores del suelo, tales como yeso, están seriamente infravalorados en comparación con el uso de fertilizantes. El yeso puede ayudar a romper el suelo compactado. La compactación del suelo se puede evitar al no arar o conducir la maquinaria en el suelo cuando está demasiado húmedo. La compactación en muchos pero no todos los suelos pueden ser disminuidos con yeso, sobre todo cuando se combina con la labranza profunda para romper la compactación (Pérez, O. 2012).

2.3.1.26 Vinaza

La vinaza es un residuo líquido proveniente de la destilación del alcohol y está constituido principalmente por agua, MO y minerales, entre los cuales el Potasio (K) es el más abundante. La vinaza es utilizada en los campos de cultivo con resultados positivos en el aumento de la productividad, economía en el uso de los fertilizantes y mejoramiento de los suelos en general (Pennatti et al., 2005).

En Guatemala se ha observado que las aplicaciones de vinaza incrementan la producción de caña en distintos suelos y aportan las necesidades de Potasio (K) del cultivo y parte de las necesidades de Nitrógeno (N).

2.3.2 Marco referencial

Para la descripción de cada sistema de riego, se visitó cada finca para obtener toda la información descrita, se ha venido innovando con mejoras con respecto a documentos o memorándum registrados en cada finca de Ingenio Pantaleón; esto con el fin de llevar un mejor control durante el periodo de riego.

Según Castro (2009) el Comité de Riegos en el año 2005, analizó y avaló para la zona cañera la siguiente clasificación de los diferentes sistemas de riego; los sistemas utilizados en Ingenio Pantaleón son:

2.3.2.1 Descripción sistemas de riego Ingenio Pantaleón:

La empresa Pantaleón cuenta con diferentes sistemas de riego con motobomba; estos se clasifican de la siguiente manera:

A. Sistemas de riego con surcos:

Este es un sistema que se diferencia por su forma de extraer el agua de la fuente, una de las modalidades de este riego es el siguiente:

- a. Surcos continuos;** con uso de mangas de polietileno en la distribución de agua, sistema fijo.

B. Sistemas de riego presurizados:

Estos sistemas de aspersión se diferencian por ser sistemas con motores móviles o motores estacionarios: la operación de los motores móviles son aquellos que utilizan tubería de aluminio, en cuanto a los motores estacionarios utilizan tubería PVC, estos permanecen fijos mientras riegan, otras de las diferencias de estos sistemas es el tipo de energía que utilizan y la presión de operación; tenemos las ventajas y desventajas de estos sistemas de riego; siendo ellas las siguientes:

Ventajas del sistema por aspersión

- Factibilidad de regar tierras que por sus características topográficas no pueden ser irrigadas con riego por superficie.
- No se requiere de nivelación de tierras.
- Puede prevenirse la escorrentía y consecuentemente la erosión.
- Mayor eficiencia en el uso del agua con relación a métodos de riego por superficie.
- Pueden aprovecharse pequeños caudales de agua.
- Ahorro de mano de obra en el caso del pivote central.
- Mejor aplicación de fertilizantes.
- Mejor control de la humedad del suelo.
- Posibilidad de trasladar el equipo al dejar de utilizar la tierra.
- Se requiere menor tiempo para la implementación.

Desventajas del sistema de riego por aspersión

- El costo de inversión inicial es alto.
- Alto requerimiento de energía, siendo mayor en el sistema de aspersión móvil que en el pivote central.
- Surgen inconvenientes al no disponer de un caudal continuo.
- La movilización del equipo en suelos saturados de agua es problemático.
- La distribución y eficiencia de aplicación se ve afectada por el viento.
- Requiere de mejores características y calidad química del agua, con relación a sistemas de riego por superficie.

Los sistemas de riego por aspersión presurizados en Ingenio Pantaleón se clasifican de acuerdo a lo mostrado en el cuadro 2.

Cuadro 9 Características de los sistemas de riego aspersión móvil y aspersión semifijo.

Sistemas de riego	Tipo Aspersor	Caudal de aspersor (galones por minuto)	Presión de trabajo (presión regulador psi)	Cantidad de aspersores en operación	Distanciamiento entre aspersores y laterales (m)	No. Posiciones/turno	Tiempo riego/posición (h)	Tiempo riego/turbo (h)	No. Turnos/día	Area riego hectareas (ha/día)	Frecuencia de riego (días)	Material tubería	Diametro tubería principal (in)	Longitud tubería principal (m)	Diametro tubería lateral (in)	Longitud tubería lateral (m)	Area regada /set (ha)	Hp Motor	Marca Motor	Marca Bomba	Tipo de combustible
Aspersión móvil cañón	Komet 101	156.4	35 - 40	6	36 x 36	4	2	8	2	6.2	(12-15)	Aluminio	6	675	5	675	75	75	Jhonn Deere	Berkeley	Diesel
Aspersión móvil mini	Senninger 4023	4.4	30	200	12 x 18	1	11	11	2	8.6	(10-12)	Aluminio	6	900	2	2520	86	80	Jhonn Deere	Cornell	Diesel
Aspersión móvil midi	Senninger 8025	25.1	40	30	27 x 27	2	5	10	2	8.7	(8-15)	Aluminio	6	900	3	1080	70	80	Vortec	Cornell	Gas
Xcell wobbler móvil	Xcell Senninger	3.5	25	260	9 x 9	2.5	4	10	2	10.5	(8-10)	Aluminio	6	900	2	3249	84	80	Vortec	Cornell	Diesel
Semifijo cañón	Komet 101	156.4	35 - 40	6	36 x 36	2	4	8	2	6.2	16	PVC	--	--	4	2250	100	75	Perkins	Berkeley	Diesel
Semifijo mini	Senninger 4023	4.4	30	200	12 x 18	1	11	11	2	8.6	10	PVC	--	--	2	2700	86	75	Perkins	Berkeley	Diesel
Semifijo midi	Senninger 7025	16.64	45	81	27 x 27	1	11	11	2	11.8	12	PVC	--	--	3	1440	142	80	Vortec	Cornell	Gas

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 2 se presentan las características generales de operación de los diferentes sistemas de riego en Pantaleón, lo cual se describirán a continuación:

- a. **Sistema de riego aspersión móvil cañón a alta presión**, es un sistema móvil en todos sus componentes, funciona con motobomba, tubería de aluminio de 6 in en la conducción y en la distribución con aspersores utiliza tubería de 5 in con una presión de (40 – 50 psi). El número de aspersores en operación son seis, la cantidad de aspersores por lateral son 3, teniendo un total de 2 laterales. Este sistema se usa bajo cualquier condición de terreno, cuenta con un set de 75 tubos de 5 in x 9 m de longitud y 75 tubos de 6 in x 9 m de longitud, trabaja con tres diferentes marcas de motor: Jhon Deere, Perkins, Vortec (motor a gas) y dos diferentes marcas de bombas siendo ellos: Cornell y Berkeley.
- b. **Sistema de riego aspersión móvil mini a baja presión**, este sistema móvil funciona con motobomba, opera con tubería de aluminio de 6 in en la conducción principal y distribuye el agua en toda el área a través tubería de aluminio de 2 in con aspersores senninger 4023 con una presión de 25 psi, la cantidad de aspersores por lateral son 25, teniendo un total de 8 laterales, este sistema trabaja bajo condiciones de bloques específico, tiene un set de 100 tubos de 6 in x 9 m de longitud y 420 tubos de 63 mm x 6 m de longitud, opera con un motor Jhon Deere y con una bomba Cornell.
- c. **Sistema de riego aspersión móvil midi a mediana presión**, este sistema móvil funciona con motobomba, opera con tubería de aluminio de 6 in en la conducción principal y distribuye el agua en toda el área a través tubería de aluminio de 3 in con aspersores senninger 8025 con una presión de 40 psi, la cantidad de aspersores por lateral son 5, teniendo un total de 6 laterales, este sistema que trabaja bajo cualquier condición de terreno, cuanta con un set de 100 tubos de 6 in x 9 m de longitud y 198 tubos de 3 in x 9 m de longitud, opera con un motor Vortec (motor a gas) y una bomba Cornell.
- d. **Sistema de riego xcell wobbler opera a baja presión** este sistema móvil también funciona con motobomba, opera con tubería de aluminio de 6 in en la conducción principal y distribuye el agua en toda el área a través tubería de aluminio de 2 in con aspersores senninger Xcell Wobbler con una presión de 25 psi, la cantidad de aspersores por lateral varía entre 25 y 30, teniendo un total de 7 u 8 laterales. Tiene

un set de 100 tubos de 6 in x 9 m de longitud y 390 tubos de 63 mm x 9 m de longitud, opera con un motor Vortec (motor a gas) y una bomba Cornell.

- e. **Sistema de riego semifijo cañón a alta presión**, este es un sistema que funciona con motobomba estacionaria, tiene tubería fija PVC en la conducción (subterránea) y distribuye el agua en toda el área a través de hidrantes de aluminio de 4 in. Utiliza tubería PVC de 4 in ultra violeta (UV) móvil en la distribución con aspersores Komet 101 de alta presión (40 – 50 psi), la cantidad de aspersores por lateral son 2, teniendo un total de 3 laterales. Este sistema únicamente cuenta con un set de 180 tubos ultra violeta (UV) de 4 in x 9 m de longitud, opera con un motor Perkins y una bomba Berkeley.
- f. **Sistema de riego semifijo midi a mediana presión**, este sistema funciona con motobomba estacionaria trabaja con tubería fija PVC en la conducción principal (subterránea) y distribuye el agua en toda el área a través de hidrantes de aluminio de 3 in, utiliza tubería PVC de 3 in ultra violeta (UV) móvil para sus laterales de riego con aspersores senninger 7025 con una presión de 45 psi, la cantidad de aspersores por lateral son 7, teniendo un total de 12 laterales, este sistema de riego se utiliza bajo la condición de suelos arcillosos, cuenta con un set de 270 a 350 tubos ultra violeta (UV) de 3 in x 9 m de longitud, opera con un motor Vortec (motor a gas) y una bomba Cornell.
- g. **Sistema de riego semifijo mini a baja presión**, este sistema funciona con motobomba estacionaria trabaja con tubería fija PVC en la conducción principal (subterránea) y distribuye el agua en toda el área a través de hidrantes de aluminio de 3 in, utiliza tubería PVC de 2 in ultra violeta (UV) móvil para sus laterales de riego con aspersores senninger 4023 con una presión de 30 psi, la cantidad de aspersores por lateral son 25, teniendo un total de 8 laterales. Es un sistema que trabaja bajo un bloque de riego (proyecto), cuenta con un set de 450 tubos ultra violeta (UV) de 63 mm x 6 m de longitud, opera con un motor Perkins y una bomba Berkeley.

C. Sistemas de aspersión con desplazamiento continuo (equipos mecanizados).

La empresa cuenta con sistemas de riego mecanizados; tales como pivote móvil, pivote fijo, avance frontal 1 ala, avance frontal 2 alas; existen ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de riego mecanizado; siendo ellas las siguientes:

Ventajas y desventajas del sistema de riego mecanizado (Pivote)

Ventajas:

- El poder modificar la pluviometría permite al sistema adaptarse a distintos tipos de suelos.
- Después de completar un riego el sistema queda en posición para comenzar el próximo riego.
- El sistema permite realizar riegos de alta uniformidad.
- Posee un bajo costo por hectárea.
- Bajos costos de operación.
- El sistema trabaja a bajas presiones permitiendo menores requerimientos de energía.

Desventajas:

- Alta inversión inicial.
- Requiere de un servicio técnico especializado.
- Dejan un 20 % del área fuera del círculo sin riego, a menos que se utilicen equipos para regar las esquinas que resultan muy costosos y complejos.
- Para un buen manejo del riego y la presencia de varios cultivos bajo el pivote, el sistema obliga a cultivar en sectores circulares.
- La uniformidad de riego se ve afectada por la influencia de fuertes vientos.
- Requiere de sistemas de decantación y filtraje cuando se presentan problemas con la calidad del agua.

Ventajas y desventajas del sistema de riego mecanizado (Avance Frontal)

Ventajas

- Permite Fertirriego.
- Baja demanda de mano de obra.
- Alta eficiencia y uniformidad de riego.
- Disminución de Labores Mecánicas.
- Observación de la aplicación del riego.
- Menor costo de inversión de acuerdo con el área beneficiada.
- Instalación en cualquier edad de cultivo.
- Bajo costo de operación y mantenimiento.
- Aumento el área productiva al eliminar grandes canales de conducción.

Desventajas

- Limitación de alcance en terrenos de forma irregular.
- No viable en presencia de obstáculos (edificios, líneas eléctricas, árboles, etc.).
- Requiere mantenimiento de la huella de la rueda.

Dentro de estos sistemas de riego mecanizado, se presentan las características generales en el cuadro 3.

Cuadro 10 Especificaciones generales de riego mecanizado

Sistema	Ha	Bloques/riego	Longitud (m)	Caudal de diseño (GPM)	Presión (psi)	Tiempo de riego (h/día)	Área de riego (ha/día)	Frecuencia (días)	Lámina aplicada (mm)	Días/vuelta
Pivote móvil	84.82	3	300	857	(15-20)	21	28.27	3	5	1
Pivote móvil	118.1	12	252	1487	(15-20)	21	10	12	4	1
Pivote fijo	77.45	1	500	754	25	21	19	4	5	1
Pivote fijo	176.72	1	750	1587	25	21	44	4	4	1
Avance 1 ala	316.84	6	400	2917	25	21	53	6	4	--
Avance 1 ala	326.8	6	400	2857	25	21	54	6	4	--
Avance 2 alas	336.19	7	800	3473	25	21	48	7	5	--
Avance 2 alas	529.15	10	800	4497	25	21	53	10	4	--

Estos sistemas son desplazables conocidos como equipos mecanizados; los Pivotes (desplazamiento circular) fijo y móvil, y los avances Frontales.

- a. Pivote fijo (sistema no transportable):** Es un sistema de riego fijo, se caracteriza porque se mueve mientras riega; está formado por una tubería de 12 in con portaspersores I-Wob que va sustentada sobre torres automotrices. Tiene aproximadamente 11 torres.

- b. Pivote móvil (sistema transportable):** Es un sistema de riego móvil, se traslada con el uso de un tractor, solo que en un número menor de torres, regularmente cuatro torres. La eficiencia de distribución del sistema está entre 80 y 85 por ciento.
- c. Avance frontal con un ala, no pivoteable:** Es un sistema que se desplaza paralelamente a sí misma mientras riega, formada por un lateral o ala (siete torres), en un extremo recibe la conducción del agua a través de un canal por medio de una motobomba.
- d. Avance frontal con un ala, pivoteable:** A diferencia del avance frontal con un ala, no pivoteable, es que este sistema cuando llega al final de su recorrido, efectúa un movimiento de 180° el cual le permite regar un bloque completo; es decir que riega una parcela primero y luego al terminar riega la otra parcela del bloque. La conducción del agua es a través de un canal por medio de una motobomba, cuenta con siete torres.
- e. Avance frontal con dos alas:** Otro sistema de riego mecanizado, este equipo se desplaza paralela a sí misma mientras riega, formada por dos laterales o alas, uno a cada lado de la línea de suministro de agua. Este equipo opera con catorce torres (siete torres en un ala y otras siete torres en la otra ala). Este sistema tiene un bloque completo de 529.15 hectáreas.

2.3.2.2 Variedad caña de azúcar CP-722086

Esta variedad tiene un color amarillo verdoso, buen vigor y cierre de calles. Su crecimiento es firme, es una variedad muy florecedora (aproximadamente hasta un 95% - 99%). Tiene un buen retoño y se adapta a todo tipo de suelo aunque su rendimiento merma en forma mínima en suelos arenosos.

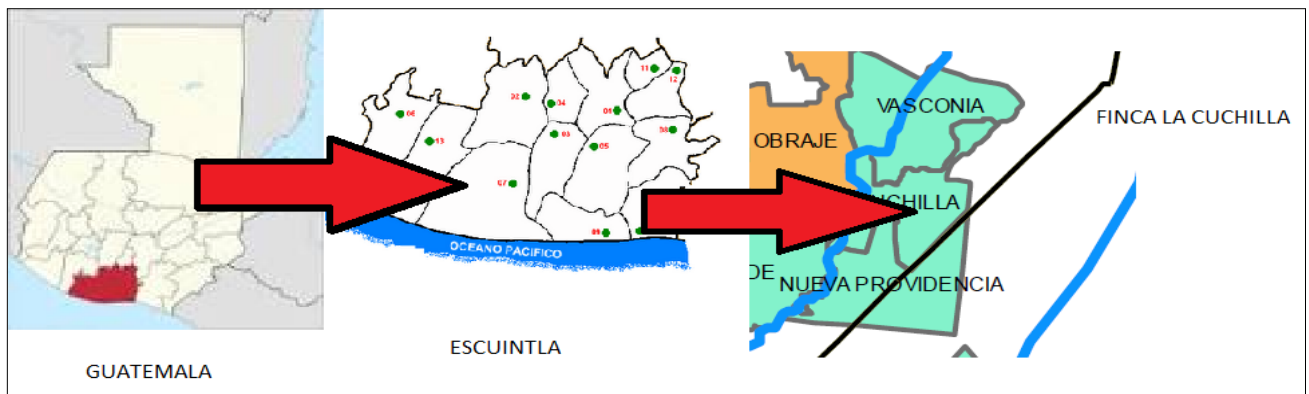
Cabe mencionar que es una variedad de maduración temprana, por lo cual se recomienda su siembra y cosecha para los meses de noviembre a febrero. La variedad CP-722086, en cuanto a rendimiento brinda un buen tonelaje de caña por hectárea y a su vez un alto incremento en libras de azúcar por tonelada tanto en un nivel experimental como en un nivel de comercio.

Según el departamento de investigación de Ingenio Pantaleón; esta variedad a nivel de comercio se ha obtenido un resultado promedio de 116.39 toneladas de caña por hectárea (TCH) y 94.34 kilogramos de azúcar por tonelada de caña y 130 toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

2.3.2.3 Ubicación finca la cuchilla

La finca la cuchilla se encuentra en el municipio de La Gomera en el Departamento de Escuintla, Guatemala. Cuenta con una latitud Norte de $14^{\circ} 05' 03''$ y una longitud Oeste de $91^{\circ} 02' 55''$. Esta finca está ubicada a 50 m s.n.m, cuenta con un suelo franco arenoso.

La Gomera es uno de los 13 municipios pertenecientes al Departamento de Escuintla, la finca la cuchilla se encuentra geográficamente dentro de la zona administrativa Playa Grande conocida también como la zona 8 del ingenio Pantaleón (ver figura 1).



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 4 Ubicación de finca La Cuchilla

2.3.2.4 Zona de vida

Según la clasificación de Holdridge (1967) la finca la Cuchilla se encuentra en el bosque húmedo subtropical cálido BHs (c) forma parte de la llanura costera del pacífico, es una región regularmente plana, comprendida entre la línea costera y el macizo montañoso hasta 850 m

s.n.m., formada especialmente por una serie de valles de aluvión, estrechamente interconectados.

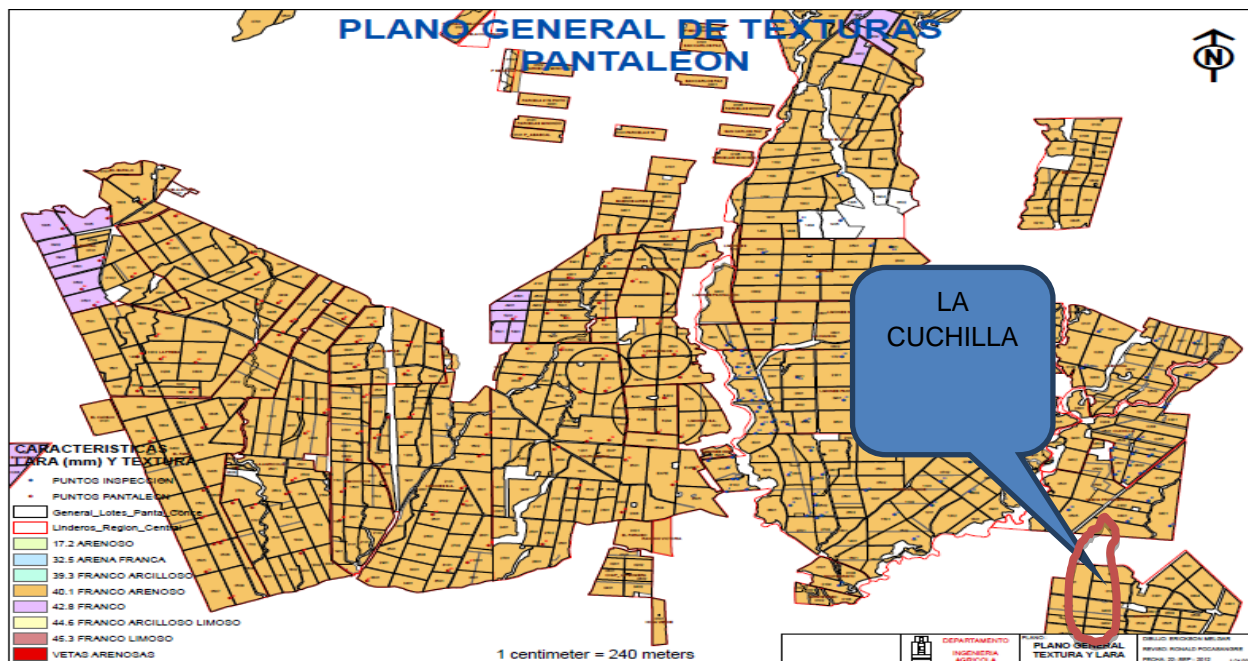
2.3.2.5 Clima

El clima es muy cálido, en los meses de Marzo a Julio son los de mayor temperatura, llegando a rangos de 32 y 35 °C, los demás meses restantes son relativamente cálidos llegando a una temperatura de 25 °C. Los vientos predominantes son con sentido noreste sudeste, relativamente moderados con una velocidad 19 km/h.

Su precipitación pluvial y humedad relativa media anual alcanza los 2,000 milímetros cúbicos. Los meses más lluviosos son desde el mes de mayo a noviembre y los más secos desde diciembre a abril.

2.3.2.6 Suelos

La finca la Cuchilla cuenta con suelos profundos con predominancia de textura franco arenoso, cuenta con un área total de 238 hectáreas con diferentes sistemas de riego, el lote 301, pante 301 utilizado en la investigación cuenta con 0.90 hectáreas (ver figura 2).



Fuente: Intranet Corporación Pantaleón, 2014

Figura 5 Mapa de textura de suelos de Ingenio Pantaleón.

2.3.2.7 Relieve

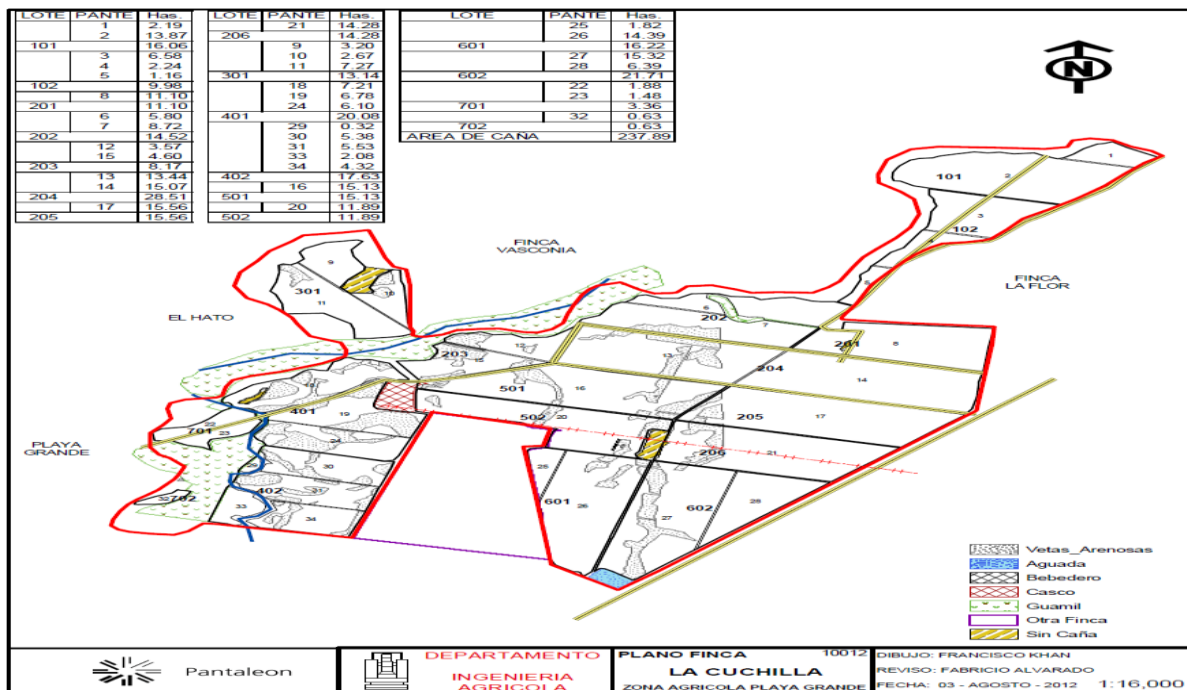
Su relieve y pendientes topográficas se consideran como superficie plana, como en el resto del municipio tomando como parámetro todas las anteriores características geográficas, climáticas y topográficas.

2.3.2.8 Vías de acceso

Aproximadamente a 114 km. De la ciudad capital por la Carretera CA-2. Conduce hacia el municipio de La Gomera, a una distancia de 52 km. De la cabecera del departamento de Escuintla.

2.3.2.9 Colindancias

Su colindancia son al Este con las fincas Las Ilusiones y las Victorias, al Sur con la finca Nueva Providencia, Oeste con la finca Playa Grande y Obraje, al norte con la finca Vasconia (ver figura 3).



Fuente: Francisco Khan, dibujante, 2012

Figura 6 Plano de finca La Cuchilla.

2.3.2.10 Localización del estudio

El experimento se estableció en finca la cuchilla ubicada en el municipio de la Gomera, en la Latitud Norte 14.1360230° y Longitud Oeste 91.007972° a 50 m. s.n.m.

El área que comprendió el ensayo fue de 0.9 ha y el manejo del riego se realizó mediante un sistema de riego con aspersores tipo Wobbler operando en presiones de 15-20 psi, con una separación entre aspersor y lateral de 7 m x 7 m, es un sistema fijo, el diámetro que se utilizó para la instalación del sistema de riego fue de 4 in, 3 in, 2 in y 3/4 in.

2.3.2.11 Clima y suelo

El predominio de esta zona es de textura franco arenoso, arenoso y franco. La temperatura mínima media anual es de 18.25 °C, temperatura máxima media anual es de 37.76 °C, humedad relativa media anual 79 % y precipitación media acumulada 1,929 mm, datos de los últimos seis años de 2010 al 2015, según datos de estación meteorológica Bouganvilia administrada por ICC. Es necesario mencionar para el caso de la variable precipitación, la mayor cantidad se acumula de Junio a Octubre de cada año, por lo que en el periodo de noviembre a mayo el riego es un factor importante para el cultivo.

2.4 HIPÓTESIS

1. Al menos un tratamiento de frecuencia fija con la aplicación de la dosis de fertilización balanceada, producirá efectos significativos en el rendimiento en toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH).
2. Ningún tratamiento de frecuencia fija con la aplicación de la dosis de fertilización balanceada, producirá efectos significativos en el rendimiento en toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de tres frecuencias de riego y dos fuentes de fertilización sobre la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en la etapa de macollamiento del cultivo.

2.5.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto sobre la producción en Toneladas de Caña por Hectárea (TCH) y Toneladas de Azúcar por Hectárea (TAH) producidas por la aplicación de riego cada 10, 15 y 20 días, bajo dos fuentes de fertilización.
2. Evaluar el efecto sobre las variables de altura y población de tallos en cultivo de caña de azúcar.
3. Cuantificar las aplicaciones de lámina de riego en las programaciones a utilizar.
4. Evaluar el comportamiento de la humedad del suelo en los distintos tratamientos.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron en la aplicación de tres frecuencias de riego con respectivas lámina neta de riego, bajo dos fuentes de fertilización, los cuales fueron planificados para cada unidad experimental (ver cuadro 4).

En el siguiente cuadro se muestra el esquema de cómo estuvieron distribuidos los tratamientos de riego y la descripción de las dos fuentes de fertilización.

Cuadro 11 Tratamientos a evaluar.

Tratamiento	Frecuencia de Riego (Parcela grande)	Programa de Fertilización (Parcela pequeña)
T1	Cada veinte días	Fertilización Comercial
T2	Cada veinte días	Fertilización Balanceada
T3	Cada quince días	Fertilización Comercial
T4	Cada quince días	Fertilización Balanceada
T5	Cada diez días	Fertilización Comercial
T6	Cada diez días	Fertilización Balanceada
T7	Riego Germinación	Fertilización Comercial
T8	Riego Germinación	Fertilización Balanceada

Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Factores de estudio:

Se estudiaron dos factores:

- a. Tres frecuencias de riego cada diez días, cada quince días y cada 20 días.
- b. Dos fuentes de fertilización; dosis comercial y dosis balanceada.

2.6.3 Manejo fertilización en el experimento

La fertilización consistió en evaluar dos fuentes de nutrientes siendo ellos: (ver cuadro 5).

a. Fertilización comercial

Consistió en la aplicación de 102 kg de Nitrógeno en forma de urea (46 % N), agregando 2 m³ de Vinaza por hectárea (8 kg N, 4 kg P, 144 kg K), esta misma se realizó a los 76 días después del corte.

b. Fertilización balanceada

Se aplicó 500 kg de Sulfato de Calcio (CaSO₄)/ha, 350 kg de Sulfato de Magnesio (MgSO₄), 80 kg de Nitrógeno/ha con la fuente de urea (46 %) y 3.5 kg de Boro/ha diluidos, todo incorporado al suelo, estas aplicaciones se hicieron a los 76 días después del corte.

Cuadro 12 Descripción de dosis de fertilización evaluada.

Tratamiento	Descripción de la Fertilización	Observaciones
FC (Fertilización Comercial)	Fertilización Comercial: se aplicaron 102 kg de Nitrógeno puro en forma de urea y 2 m ³ de vinaza/hectárea	Composición Vinaza 2 m ³ Nitrógeno: 4 kg/m ³ = 8 kg Fosforo: 2 kg/m ³ = 4 kg Potasio: 72 kg/m ³ = 144 kg
FB (Fertilización Balanceada)	500 kg de Sulfato de Calcio (CaSO ₄)/ha + 350 kg de sulfato de Mg/ha espolvoreado + 80 kg de N/ha en banda e incorporado + 3.5 kg B/ha diluido en agua aplicado en banda e incorporado al suelo.	

Fuente: Laboratorio CENGICAÑA

2.6.4 Análisis foliar:

De acuerdo a las condiciones y requerimientos previstos bajo las condiciones de la plantación se realizó una aplicación foliar de Zn a los 100 días después de la siembra asperjado a razón de 1.3 kg de Sulfato de Zn/ha/aplicación, esta aplicación fue de forma manual, seguidamente se realizó un análisis foliar después de cuatro meses de edad en caña de la siguiente manera:

- Se realizó por parcela experimental.
- Se seleccionaron de tres a cuatro hojas de caña, hojas con la última lígula visible (TVD).
- Una vez recolectadas las 4 hojas, se eliminó la parte superior e inferior dejando para envío sólo el tercio medio, aproximadamente 40 cm. Posteriormente se elimina la vena central de cada tercio medio de la hoja, con facilidad de desprendimiento.
- Las partes de la hoja seleccionadas, se introdujeron en sobres de papel manila completamente con humedad y llevadas inmediatamente al laboratorio con su respectiva etiqueta con información de la parcela extraída, para su posterior análisis.

2.6.5 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones en arreglo de parcelas divididas.

2.6.5.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico es el siguiente:

Siendo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, r \\ k = 1, 2, \dots, b \end{array} \right.$$

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk - ésima unidad experimental

μ = Media general

β_j = Efecto del j - ésimo bloque

α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor A.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por error(a).

ρ_k = Efecto del k - ésimo nivel del factor B

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el k - ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como: Error (b)

2.6.6 Unidad experimental

El área total del ensayo fue de 0.9 ha. El área total por cada unidad experimental o parcela grande constituida por 441 m². El área conformada por cada sub-parcela (parcela pequeña) de 196 m² (9 surcos con un largo de 14 m, distanciado a 1.75 m). La parcela grande definida por las frecuencias de riego y estas fueron divididas en dos sub-parcelas, lo cual están conformadas por las dos dosis de fertilización evaluada (ver figura 4).

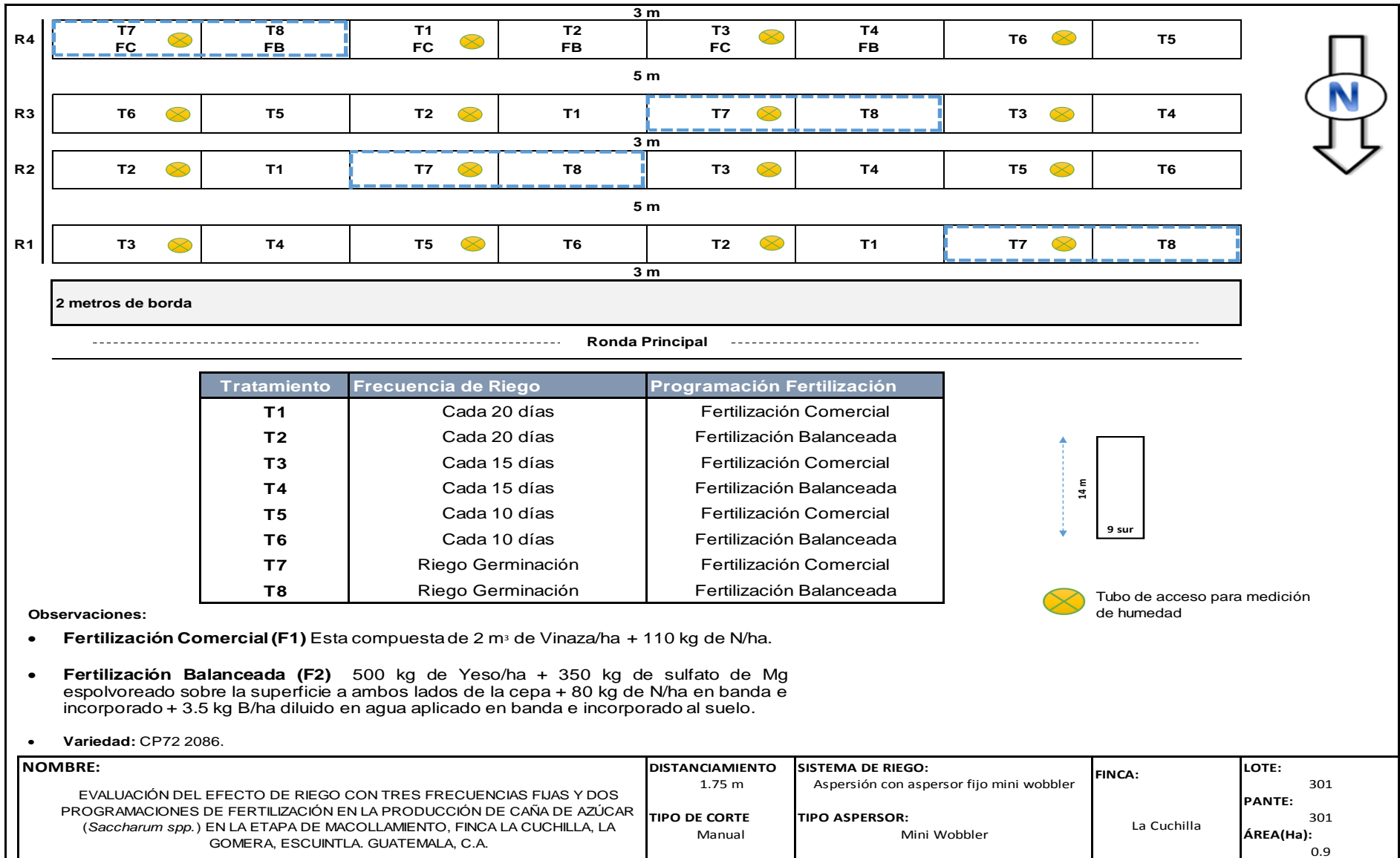


Figura 7 Unidades Experimentales

2.6.7 Análisis físico de suelo

Con el propósito de determinar las características bajo las cuales se desarrolló la presente investigación, se elaboró una calicata de 1.0 m x 1.0 m x 1.0 m, representativas del área experimental (ver cuadro 6). Se tomaron muestras de suelo y se llevaron al laboratorio con su respectiva identificación, para determinar las características químicas y físicas al laboratorio agronómico del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar -CENGICAÑA-.

2.6.7.1 Características físicas del suelo en área experimental

El muestreo se realizó con fines de conocer las características físicas del suelo; principalmente: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y textura, así como conocer el contenido de algunos nutrientes del suelo como: K, P, Na, Mg, Ca, Cu, Fe, Mn y Zn. Los resultados del análisis físico se resumen en el cuadro 7.

Cuadro 13 Descripción de horizontes de suelo en calicata en suelo franco arenoso.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción de Horizonte
O	10	Capa superficial del horizonte A, es la parte más superficial del suelo, formado por hojas y restos vegetales.
A	20	Horizonte A; es el más superficial debido a que es el punto en donde se enraíza la planta.
B	30	Horizonte B: se visualiza la presencia de arena franca color oscuro
C	40	Horizonte C: se visualiza la presencia de arena franca color claro
Nota:	Se observa que a partir de los 40 cm en adelante hace presencia un 100% de arena.	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14 Características físicas del suelo de finca la cuchilla

Estrato	Arcilla	Limo	Arena	tipo de Textura	PMP	CC	D.AP.	LAA (mm)	DPM	LARA (mm)
	%	%	%		% H	% H	g/cc			
0-20	10.45	47.49	42.06	Franco	11.83	32.30	1.23	50.36	0.60	30.21
20-40	10.53	39.76	49.71	Franco	13.14	24.93	1.10	25.94	0.60	15.56
						Total		76.29	0.60	45.78

Fuente: Laboratorio de suelo CENGICANA.

Formula: Cálculo de Lámina de Agua Aprovechable (LAA)

$$LAA(mm) = \left(\frac{CC - PMP}{100} \right) * Da * Zr$$

Estrato de 0-20 cm

$$LAA(mm) = \left(\frac{32.30 - 11.83}{100} \right) * 1.23 * 200$$

$$LAA(mm) = 50.3562$$

Estrato de 20-40 cm

$$LAA(mm) = \left(\frac{24.93 - 13.14}{100} \right) * 1.10 * 200$$

$$LAA(mm) = 25.938$$

De acuerdo a estos resultados, se puede decir que la lámina de agua aprovechable (LAA), está en condiciones óptimas para el cultivo con predominio de suelo con textura franco arenoso.

Dónde:

- **LAA (mm)**= Lámina de agua aprovechable
- **CC**= Capacidad de campo en %H.
- **PMP**= Punto de marchitez permanente en %H.
- **Da**= Densidad aparente en g/cc.
- **Zr**= profundidad radicular en mm.

Formula: Cálculo de Lámina de Agua Rápidamente Aprovechable (LARA)

$$LARA(mm) = \left(\frac{(CC - PMP) * Da * Pr}{100} \right) * DPM$$

$$LARA(mm) = (LAA(mm) * DPM)$$

Estrato 0-20 cm

$$\text{LARA(mm)} = (50.3562 * 0.60)$$

$$\text{LARA(mm)} = 30.21$$

Estrato 20-40 cm

$$\text{LARA(mm)} = (25.938 * 0.60)$$

$$\text{LARA(mm)} = 15.56$$

Dónde:

- **LAA** = Lámina de riego aprovechable (cm);
- **CC** = Capacidad de campo (%);
- **PMP**= Marchitamiento permanente (%);
- **Pr**= Profundidad de las raíces (cm);
- **Da**= Densidad aparente (g/cm³) del suelo;
- **DPM**= Déficit permitido de manejo.

2.6.7.2 Características químicas del suelo en área experimental

El análisis químico para cada uno de los horizontes fue realizado en el laboratorio de suelos, del Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar -CENGICAÑA-, obteniendo los siguientes resultados (ver cuadro 8).

Cuadro 15 Diagnóstico de análisis químico del suelo de finca la cuchilla

Finca	Estrato	pH 1:2.5	Materia Orgánica	CIC	Na	Mg	Ca	K	Cu	Fe	Mn	Zn	P
			%										
La	0-20	6.41	2.12	25.82	0.07	0.73	3.71	0.66	1.33	9.37	21.96	2.49	50.65
Cuchilla	20-40	6.32	2.43	18.15	0.11	1.73	6.59	0.56	1.16	9.71	24.28	3.47	38.99

Fuente: Laboratorio agronómico - CENGICAÑA

2.6.8 Manejo del cultivo

Las labores tomadas en cuenta para el manejo del cultivo incluyen todas las actividades realizadas; siendo ellas el escarificado que permite tener una mejor infiltración, el trazo que fue para la división de las subparcelas, control de malezas, control de plagas, hasta los 135 días después del corte, según la programación labor finca del ingenio y sus plantaciones.

2.6.9 Control de Malezas

El manejo de malezas se realizó de acuerdo a las aplicaciones comerciales que se realizan en la finca la Cuchilla, que consistió en los siguientes controles:

- El primer control de malezas efectuado fue el control químico en forma Preemergente, 2 días después del primer riego, utilizando para ello las siguientes mezclas de herbicidas; Ametrina 2.5 l., Diuron 1.5 kg., Harnes 3 l., 2,4-D (Totem) 1 l., e Inex adherente 0.4 l.
- El segundo control se efectuó en forma mecánica a los 94 días después de la siembra, eliminando las malezas ubicadas entre el surco de caña. Posterior a este control se efectuó el control Postemergente, 106 días después de la siembra, aplicando una mezcla de herbicidas: Terbutrina 3 l., Diuron 1.5 kg., 2,4-D (Totem) 1 l., Krismat 2 kg., Karmex 2 kg., Forza 0.015 kg., e Inex adherente 0.40 l.

2.6.10 Variables Biométricas

Medición de variables asociadas a la producción de biomasa fueron.

2.6.10.1 Altura de tallo

Con una cinta métrica, se procedió por medio del sistema métrico una medición desde la base hasta el último cuello visible del tallo.

Para las mediciones de altura se marcaron 15 plantas a las cuales se les llevo registro de crecimiento a partir del tercer y cuarto mes, siendo estos a los 90 y 130 días después del corte, evaluadas hasta los 130 días después del corte. Además se efectuaron lecturas de altura de planta al quinto y noveno mes, siendo estos a los 160 y 290 días después del corte.

2.6.10.2 Diámetro de tallo

Para la medición del diámetro, el tallo visualmente se dividió en 3 segmentos y se midió con un vernier el segmento de la parte media. Se midió al tercer y cuarto mes lo cual fue recomendable marcar el entrenudo en donde se realizó la medición. Asimismo se midió el diámetro de 15 plantas seleccionado al azar en los tres surcos centrales de cada parcela, mismo que se les midió la altura. Estas lecturas se realizaron los 90 días después del corte, segunda lectura se realizó a los 130 días, tercera lectura se realizó a los 160 días después del corte y la última lectura fue a los 290 días después del corte.

2.6.10.3 Población de tallos

Se realizó un conteo de todos los tallos presentes en los tres surcos centrales de cada parcela obteniendo una cantidad de tallos por metro lineal, al tercer y cuarto mes después del corte. Estas lecturas se realizaron a los 90 días después del corte, la segunda lectura fue a los 130 días después del corte. En esta segunda lectura se evaluó la etapa de macollamiento. Además se hicieron lecturas a los 160 días del corte para evaluar el comportamiento de población, y por último se realizó una lectura a los 290 días después del corte.

2.6.11 Manejo del riego en el experimento

- Se aplicaron dos riegos de germinación general antes de iniciar con los tratamientos de frecuencias, este ensayo estableció en un lugar donde no influyeron los canales, ríos, acequias, etc.
- Cada tratamiento estuvo compuesto por 4 parcelas, cada parcela tuvo una llave sectorizadora usada para dar paso o cortar el flujo de agua u otro fluido por una tubería o conducción; asimismo tuvo la función de evitar que el agua circule en la dirección contraria a la deseada (reflujo) o por cualquier fuga en algún sector del proyecto, por lo que permitió llevar un mejor manejo del riego.
- Los riegos fueron cada 10, 15 y 20 días, estos tratamientos tuvieron riego hasta el 15 de mayo, posteriormente se establecieron las lluvias.
- Láminas de riego: los tiempos de riego para todos los tratamientos y los eventos de riego fueron de 16 horas.
- Se manejó un caudal del emisor (Q_e) de 0.42 GPM, esto equivale a $0.095 \text{ m}^3/\text{h}$ y a una presión de 15 psi, los cuales fueron separados a 7 m x 7 m entre aspersor y lateral.

El Sistema de riego fijo Mini Wobbler opera a baja presión; este sistema fijo funciona con motobomba, opera con tubería de PVC de 4 in en la conducción, teniendo una tubería principal PVC de 3 in que distribuye el agua en los laterales de toda el área a través de tubería PVC de 2 in, teniendo elevadores de PVC de 3/4 in con aspersores senninger Mini Wobbler con una presión de 15-20 psi, la cantidad de aspersores por parcela pequeña fue de 4.

Unos aspectos importantes que fueron parte de la operación son los siguientes:

- Presión de operación medida de aspersores 15 – 20 psi
- Motor Jhon Deere 4045TF150 de 80 hp., trabajando de 1400-1800 revoluciones por minuto (RPM).
- Tubería de 4 in, 3 in, 2 in y 3/4 in para el diseño de riego.
- Aspersor mini wobbler con boquilla No. 7

2.6.11.1 Comportamiento de la humedad del suelo en los distintos tratamientos.

Para el monitoreo de la humedad en el suelo se utilizó equipo portátil con principio FDR (Reflectometría de dominio de frecuencias), se realizaron lecturas diarias para verificar el comportamiento de la humedad en el suelo.

Para ello se procedió a realizar la instalación del equipo en campo que consistió en el uso de los siguientes materiales:

- **Trípode para colocación de tubo PVC:** sirve para lograr alinear la dirección de donde se introducirá el tubo PVC.
- **Tubo PVC:** es un tubo PVC de 1 in x 2 m de largo
- **Anillo de Metal:** accesorio que ayuda a abrir el suelo para que el tubo PVC pueda introducirse de una forma más fácil sin ser lastimado.
- **Dollin:** este material va colocado en la parte superior del tubo lo cual sirve como base o soporte para golpe.
- **Martillo para la introducción de tubo PVC:** este sirve para introducir el tubo al suelo.
- **Barreno:** este se utiliza para la extracción del suelo dentro del tubo PVC.
- **Saca corcho:** el saca corcho es un material de hierro que se utiliza para introducir el corcho en la parte inferior del tubo.
- **Corcho:** es un material de hule que sirve como tapón en la parte inferior del tubo.
- **Acople para tapón de tubo:** este acople tiene rosca externa el cual permite al tapón roscar y sellar el tubo.
- **Tapón PVC:** este accesorio sirve para tapan el punto de muestreo (ver anexo 4).

Los materiales y equipo mencionados se utilizaron para la instalación de tubo PVC que serviría para el ingreso del sensor portátil DIVINER 2000, para la toma de lectura de humedad volumétrica a cada 10 cm., para lo cual se instaló de la siguiente manera:

- Ubicación de trípode para la colocación de tubo PVC con un diámetro de 2 in y un largo de un metro, posterior se condiciono un anillo metálico en la parte inferior del tubo que permitiría el rompimiento del suelo y con el golpe a través del martillo metálico a la parte superior facilitaría la instalación del tubo en el suelo, sin afectar la estructura del mismo.

- Posteriormente a la instalación se coloca tapones para evitar que niveles freáticos altos llenen la parte interna el tubo de agua y no poder realizar la lectura, así mismo el tapón exterior para evitar la ingreso de agua al tubo.
- Se limpia el tubo y se ingresa con el sensor portátil, para tomar la lectura y generar un registro del punto de monitoreo de humedad, correspondiente a la parcela experimental.
- Se crea y se registra la primera lectura que nos indica el contenido de humedad en el suelo y se analiza de acuerdo a la capacidad de almacenamiento del suelo.

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7.1 Producción de toneladas de caña por hectárea (TCH)

Para la evaluación de tres frecuencias de riego y dos fuentes de fertilización durante la etapa de macollamiento sobre la producción, se tomaron en consideración las toneladas de caña por hectárea producidas por cada tratamiento. Estos resultados están resumidos en el cuadro 9 y figura 5. De acuerdo a este resumen, se logró observar que la producción no se vio afectada por cada tratamiento. Sin embargo los tratamientos con fertilización Balanceada presentaron mayores tonelajes y producciones de azúcar.

Cuadro 16 Resumen de los tratamientos de riego y sus fuentes en toneladas de caña por hectárea.

Tratamiento riego	TCH Fertilización Comercial	TCH Fertilización Balanceada
Riego c/20 días	75.28	76.28
Riego c/15 días	69.11	77.58
Riego c/10 días	68.54	72.66
Testigo	69.57	70.59

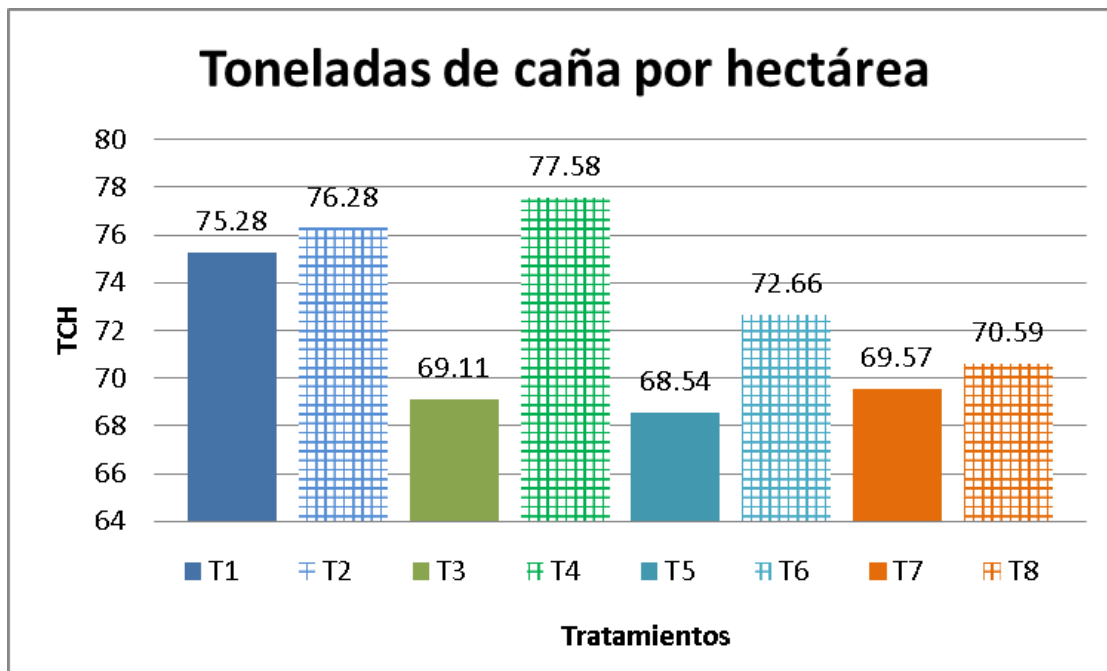


Figura 8 Rendimiento de toneladas de caña por hectárea.

El rendimiento de las toneladas de caña por hectárea producidas por efecto de fertilizante en cuanto a la aplicación en tratamientos y su riego, se logra observar que el tratamiento T3 y T4, son los únicos que muestran variación en la fertilización comercial con la fertilización balanceada.

2.7.2 Rendimiento de kilogramos de azúcar por tonelada de caña

Para la evaluación del rendimiento se consideraron los kilogramos de azúcar por tonelada de caña de terminadas a nivel de laboratorio. Los valores obtenidos se resumen en el cuadro 10 y figura 6.

Cuadro 17 Resumen de los tratamientos de riego y sus fuentes en toneladas de caña por hectárea.

Tratamiento riego	Rendimiento de azúcar/TC Fertilización Comercial	Rendimiento de azúcar/TC Fertilización Balanceada
Riego c/20 días	155.76	147.94
Riego c/15 días	155.61	154.91
Riego c/10 días	154.45	153.32
Testigo	149.19	154.69

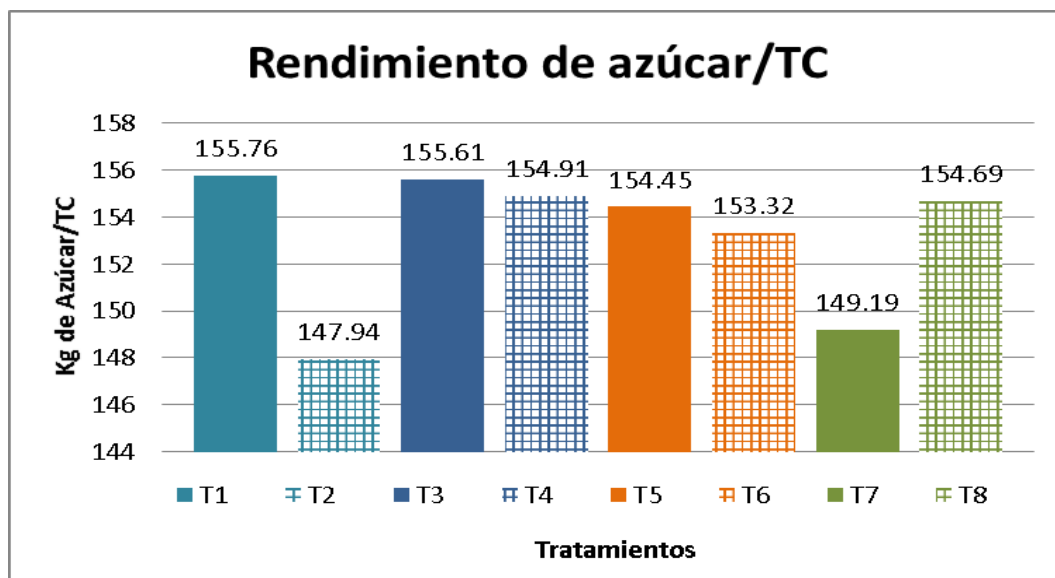


Figura 9 Comportamiento del rendimiento de los kilogramos de azúcar por hectárea.

El rendimiento de los kilogramos de azúcar por tonelada de caña por efecto de tres frecuencias de riego y dos fuentes de fertilización, se logra observar que los tratamientos (T3, T4) y (T5, T6) hasta el inicio de las lluvias son los únicos que muestran variación en la fertilización comercial y la fertilización balanceada, pero no existió diferencia estadísticamente significativa por riego y fertilización.

2.7.3 Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)

Las toneladas de azúcar por hectárea fueron estimadas por el producto entre las toneladas de caña por hectárea y el rendimiento de kilogramos de azúcar por tonelada de caña (ver cuadro 11 y figura 7).

Cuadro 18 Resumen de los tratamientos de riego y sus fuentes en toneladas de caña por hectárea.

Tratamiento riego	TAH Fertilización Comercial	Rendimiento de azúcar/TC Fertilización Balanceada
Riego c/20 días	11.73	11.29
Riego c/15 días	10.77	11.99
Riego c/10 días	10.57	11.12
Testigo	10.40	10.90

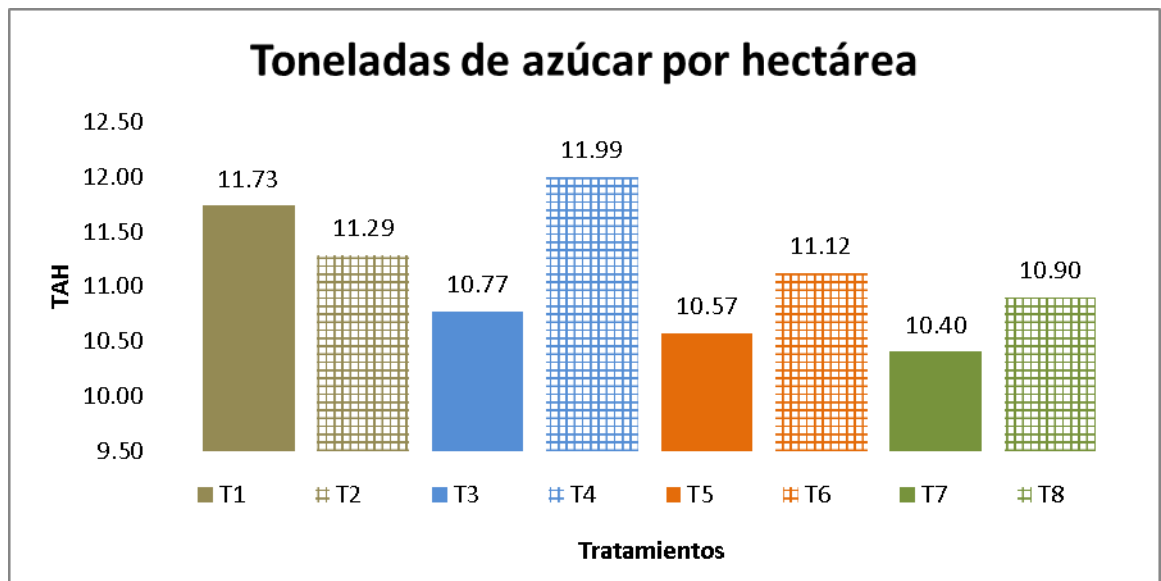


Figura 10 Rendimiento de toneladas de azúcar por hectárea.

Según análisis de varianza para esta variable, estadísticamente no hay diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a toneladas de azúcar producidas por hectárea. El tratamiento que mayor tonelaje tubo fue el tratamiento, se logró observar que existe leve incremento con la fertilización balanceada, pero estadísticamente no existió diferencia significativa.

2.7.4 Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas para analizar el efecto de los tratamientos fueron población y altura de planta en diferentes edades.

2.7.4.1 Población

Para la variable población se tomó en consideración el número de plantas existentes en 14 metros lineales de cada sub-muestra y cada bloque respectivo. Se tomaron en cuenta 4 lecturas de población para evaluar el macollamiento.

Cómo puede observarse en la figura 8, se percibe una ligera variación de los datos referentes al número de tallos en 14 metros lineales, tomados en cada una de las sub-muestras. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas en las cuatro lecturas efectuadas para evaluar la etapa de macollamiento. En la última lectura se presenta un descenso de la población debido a la competencia por espacio, nutriente y agua.

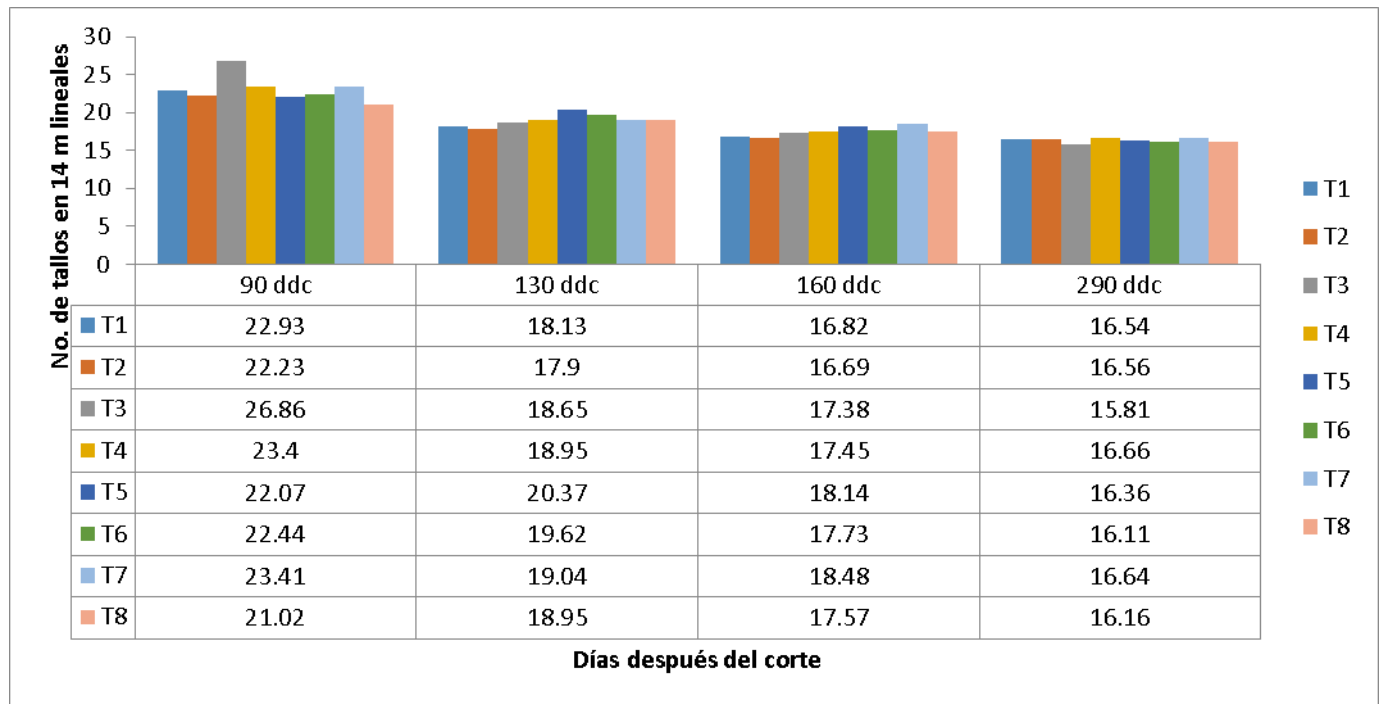
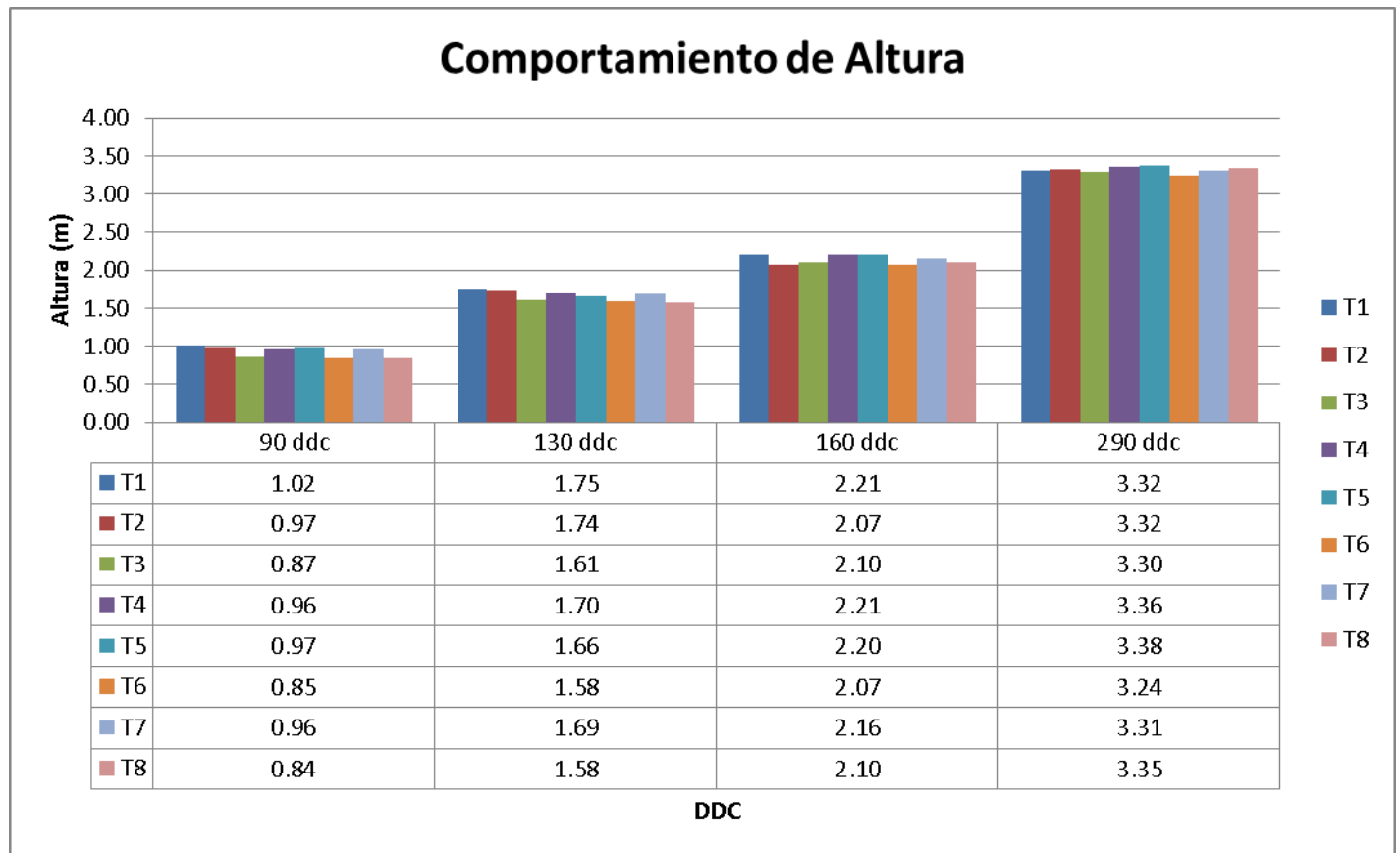


Figura 11 Comportamiento de la población durante el ciclo de la variedad CP72 2086.

2.7.4.2 Altura de planta

La altura de planta se consideró hasta la última lígula visible de 15 plantas marcadas en cada sub-muestra, realizando 2 lecturas de altura de planta para evaluar la etapa de macollamiento a los 90 y 130 días después del corte. Posterior a esto se consideró realizar 2 lecturas a los 160 y 290 días después del corte.

En la figura 9 se puede observar que las variaciones entre tratamientos son mínimas, estos resultados se confirman mediante un análisis de varianza, considerando los resultados de las lecturas en cada una sub-muestra, en cada bloque, en el cual se indica que para la variable altura de planta de las tres frecuencias de riego y sus fuentes de fertilización, no presentaron diferencias estadísticamente significativas con un 95% de confiabilidad. Este análisis aplica también para las lecturas a los 160 y 290 días después del corte.



2.7.5 Distribución de la lluvia y aplicación de tratamientos de riego evaluados

Según Juárez 1998, las etapas de desarrollo que tienen lugar durante la época seca y que son objeto de riego son las de germinación y macollamiento y una gran fracción de la elongación en plantaciones cosechadas al inicio de la zafra; la germinación y macollamiento e inicios de la elongación en campos establecidos en el segundo tercio de la zafra y riego en la fase de formación de la cosecha o finales de la elongación en variedades tardías (riego precorte). En general, en la etapa de macollamiento no se encontraron respuestas significativas a riego y un consumo bajo de agua.

El estudio de aplicación de riego se llevó a cabo en la etapa de macollamiento, pues todos los riegos se aplicaron hasta los 95 días después del corte.

En la figura 10 se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación, para lo cual inicialmente se describen los resultados obtenidos en cuanto a los riegos y sus dos fuentes de fertilización sobre la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), esta investigación tuvo como fin evaluar y comparar los rendimientos por cada efecto.

Se analizó el periodo de evaluación de los tratamientos del riego, dentro del mismo se logran observar eventos de lluvia que favoreciendo algunos tratamientos con baja lámina de reposición de riego.

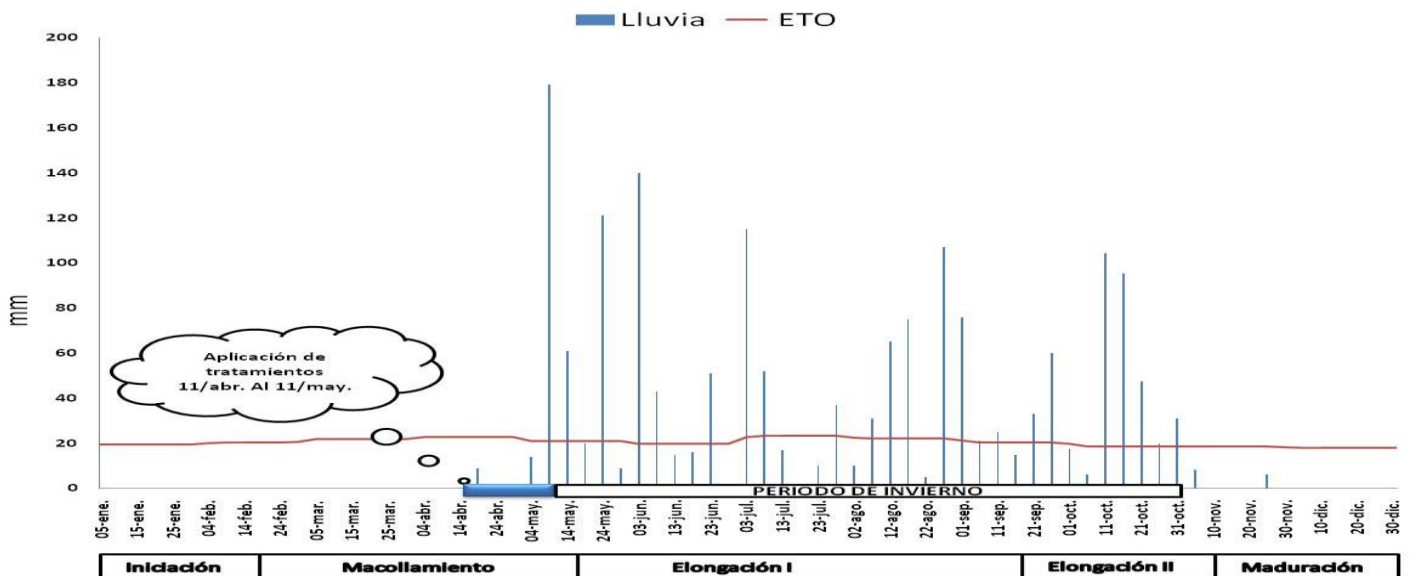


Figura 13 Distribución de lluvia y aplicación de tratamientos de riego evaluados.

En la presente figura, se logra observar el periodo de evaluación de los tratamientos de riego que va del 11 abril al 11 de mayo en donde existen eventos de lluvia dentro del mismo periodo, es muy importante analizar los eventos y de la misma manera la etapa fenológica donde se plantearon los tratamientos evaluados. Basados en el comportamiento de la lluvia y el periodo de evaluación dio cierta pauta para ayudar al entendimiento del comportamiento de las siguientes variables de respuesta a discutir.

Demanda climática, basada en la evapotranspiración de referencia (FAO, 56). Para el mismo lugar de establecimiento de la investigación se tomó de referencia la estación Bouganvilia administrada por el ICC (instituto privado sobre el cambio climático), donde se consultaron las variables; temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación global durante la época de estudios (ver cuadro 12).

Cuadro 19 Uso de CROPWAT 8.0 para estimación mensual de ETo. Penman Monteith FAO, año 2,014.

Country	GUATEMALA			Station	Bouganvilia			
Altitude	60	m.	Latitude	14.12	°N	Longitude	90.94	°W
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day	
January	18.7	33.6	75	154	6.8	16.6	3.92	
February	19.6	34.1	77	143	6.5	17.4	4.08	
March	21.2	34.9	76	143	6.1	18.3	4.40	
April	22.3	35.7	73	148	5.0	17.2	4.54	
May	22.5	34.4	80	178	4.4	16.3	4.18	
June	22.3	33.4	83	181	4.5	16.2	3.96	
July	22.2	35.0	79	162	6.4	19.2	4.67	
August	20.9	34.1	80	159	5.8	18.3	4.41	
September	21.3	33.6	78	145	5.1	16.9	4.11	
October	21.6	33.3	78	135	5.1	15.7	3.76	
November	21.5	34.3	75	98	6.4	16.3	3.73	
December	17.9	34.9	78	124	6.2	15.3	3.63	
Average	21.0	34.3	78	147	5.7	17.0	4.12	

El software Cropwat, desarrollado por la FAO, estima la demanda climática (ETo), diaria o un promedio mensual. Como se logra observar en el cuadro, la ETo promedio máxima durante el periodo de riego en la zona cañera que dura de noviembre a mayo, se observa que el mes de abril contiene el valor promedio mensual de 4.54 mm/día.

2.7.6 Cálculo de la intensidad de riego:

El caudal del emisor (Q_e) es de 0.42 GPM, esto equivale a $0.095 \text{ m}^3/\text{h}$ y a una presión de 15 psi según catalogo senninger, los cuales fueron separados a $7 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ entre aspersor y lateral. Con estos datos, se calculó la intensidad de riego (I_r) siendo la siguiente:

$$I_r = \frac{Q_e}{S_l \times S_e} = \text{m/h}$$

$$I_r = \frac{0.095 \text{ m}^3/\text{h}}{7 \text{ m} \times 7 \text{ m}} = 0.0019 \text{ m/h} = 1.9 \text{ mm/h}$$

- **I_r** : Intensidad de riego
- **Q_e** : Caudal del emisor
- **S_l** : Separación entre lateral
- **S_e** : Separación entre emisor

2.7.7 Análisis de láminas de agua aplicadas

En el cuadro 13 se define el número de riego por tratamiento, láminas de riego, precipitación pluvial total, precipitación pluvial más aplicación de riegos días después de corte, lámina total de riego, lámina neta aplicada y el valor de Kc del cultivo.

IR = 1.2 mm/h

PP = 23 mm

TR = 16 h

PP Efectiva = $23 * 0.6 = 13$ mm

Total IR = 19.2 mm/h

Cuadro 20 Resumen de láminas de agua aplicadas

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Tratamiento	No. Riegos	Lamina de riego (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Precipitación efectiva y aplicación de riego días después de corte	Lamina Total (mm)	Lámina neta aplicada + PP Efectiva (80% eficiencia) (mm)	ETo (09/01/14-25/05/14)	Kc = Etp/ETo
T1	2* + 2 = 4	107 + 38.4 = 145.4	13**	20, 45, 92, 112	158	129.32	574	0.23
T2	2* + 2 = 4	107 + 38.4 = 145.4	13**	20, 45, 92, 112	158	129.32	574	0.23
T3	2* + 3 = 5	107 + 57.6 = 164.6	13**	20, 45, 92, 107, 122	178	144.52	574	0.25
T4	2* + 3 = 5	107 + 57.6 = 164.6	13**	20, 45, 92, 107, 122	178	144.52	574	0.25
T5	2* + 4 = 6	107 + 76.8 = 183.8	13**	20, 45, 92, 102, 112, 122	197	160.04	574	0.28
T6	2* + 4 = 6	107 + 76.8 = 183.8	13**	20, 45, 92, 102, 112, 122	197	160.04	574	0.28
T7	2* + 0 = 2	107 = 107	13**	20, 45	120	98.6	574	0.17
T8	2* + 0 = 2	107 = 107	13**	20, 45	120	98.6	574	0.17

- * 2 + 2 significa 2 riegos generales de germinación + dos riegos aplicados durante la investigación.
- ** Se registraron durante la época seca 2 lluvias; el 04/04/2014 llovió 9 mm, y el 23/04/2014 llovió 14 mm.
- *** ETo calculada del 09/01/2014 al 25/05/2014 duración del estudio.

- Fecha corte segunda soca, cortada el 09 de Enero 2014.
- Fecha aproximada de establecimiento de lluvias = 23/05/2014

Los resultados obtenidos según respuesta a riego, son similares a los obtenidos por Juárez (1998), artículo de requerimientos de riego de la caña de azúcar en la costa sur de Guatemala, donde los riegos fueron aplicados en la etapa de macollamiento, definida esta hasta los 122 ddc.

Del análisis del cuadro 12 y de la fecha de corte, se cuantificaron los siguientes valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) (ver cuadro 14).

Cuadro 21 Estimación mensual total de ET_o según Penman Monteith durante el año 2014.

Mes	ET_o (mm)	Días	ET_o/día (mm/día)
Enero	3.92	21	82.32
Febrero	4.08	28	114.24
Marzo	4.4	31	136.4
Abril	4.54	30	136.2
Mayo	4.18	25	104.5
Total			574

2.7.8 Monitoreo de humedad aprovechable del suelo para los distintos tratamientos.

Monitoreo del consumo de agua del suelo (mm) Se determinó a través del sensor FDR, en cada unidad experimental, ayudó a determinar la cantidad de humedad residual, para ello se llevaron registros a través de una hoja Excel para monitorear el consumo diario de humedad (ver figura 11).

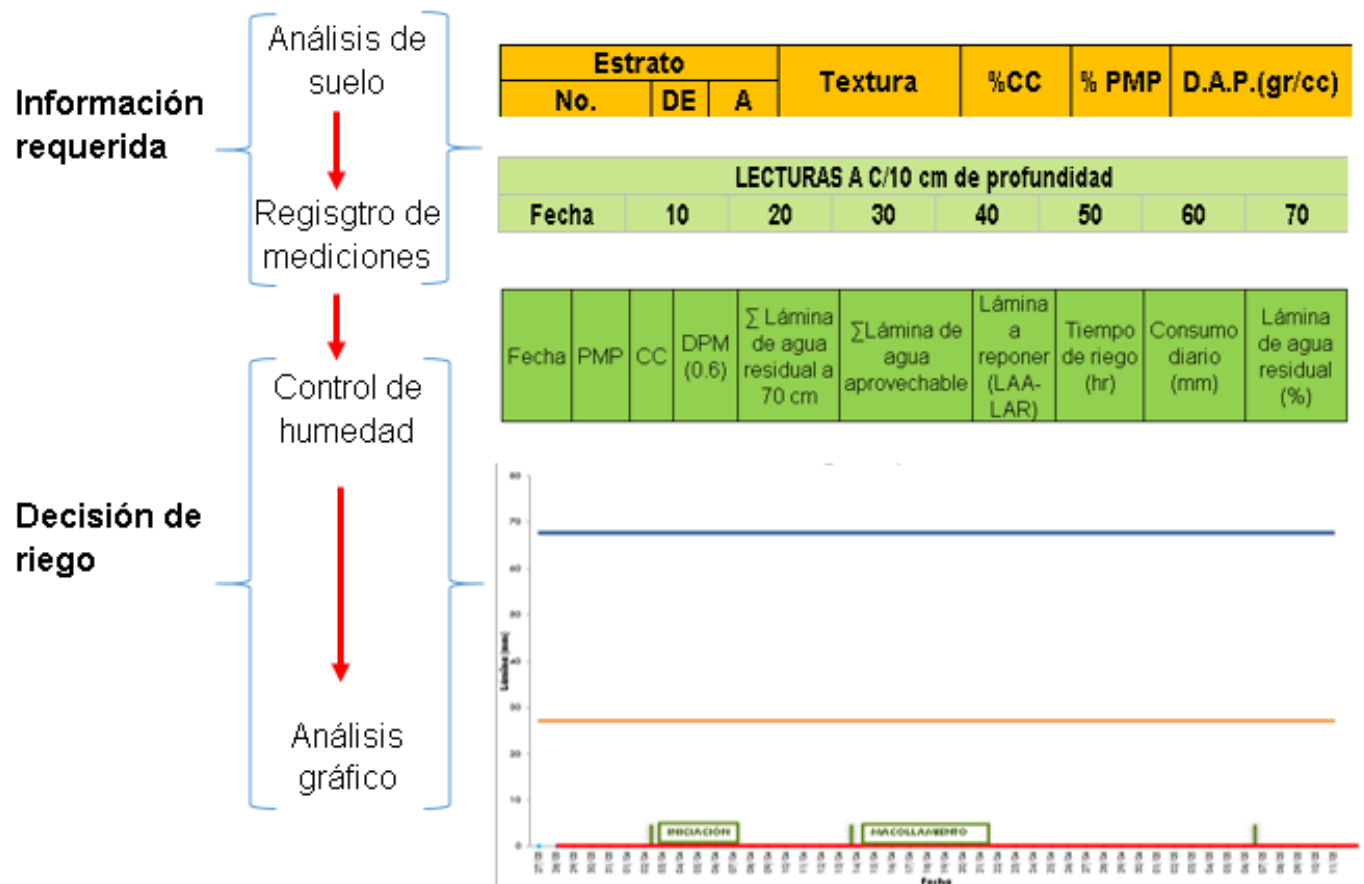


Figura 14 Proceso de análisis de información de sonda de humedad FDR, realizada en Excel.

Los datos de lámina residual de los distintos tratamientos se obtuvieron con las muestras de las mediciones de humedad las cuales fueron de 0 a 70 cm de profundidad; estos valores se presentan en el cuadro 15, como también se puede observar el comportamiento de humedad en la figura 12, 13, 14 y 15.

Cuadro 22 Valores de lámina de agua residual (mm) de los diferentes tratamientos.

Fecha	Tratamiento 1 y 2			Tratamiento 3 y 4			Tratamiento 5 y 6			Tratamiento 7 y 8		
	CC	DPM 0.6	Lámina de agua residual (mm) a 70 cm	CC	DPM 0.6	Lámina de agua residual (mm) a 70 cm	CC	DPM 0.6	Lámina de agua residual (mm) a 70 cm	CC	DPM 0.6	Lámina de agua residual (mm) a 70 cm
11/04/2014	67.66	27.06	36.74	67.66	27.06	36.74	67.66	27.06	50.80	Sin Riego		
12/04/2014	67.66	27.06	36.62	67.66	27.06	36.62	67.66	27.06	48.64			
13/04/2014	67.66	27.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
14/04/2014	67.66	27.06	14.82	67.66	27.06	14.82	67.66	27.06	42.43			
15/04/2014	67.66	27.06	27.47	67.66	27.06	27.47	67.66	27.06	39.44			
16/04/2014	67.66	27.06	25.76	67.66	27.06	25.76	67.66	27.06	37.39			
17/04/2014	67.66	27.06	19.24	67.66	27.06	19.24	67.66	27.06	34.44			
18/04/2014	67.66	27.06	16.46	67.66	27.06	16.46	67.66	27.06	31.93			
19/04/2014	67.66	27.06	19.84	67.66	27.06	19.84	67.66	27.06	35.70			
21/04/2014	67.66	27.06	3.10	67.66	27.06	3.10	67.66	27.06	30.90			
22/04/2014	67.66	27.06	11.85	67.66	27.06	11.85	67.66	27.06	46.84			
23/04/2014	67.66	27.06	9.97	67.66	27.06	9.97	67.66	27.06	43.68			
24/04/2014	67.66	27.06	8.14	67.66	27.06	8.14	67.66	27.06	40.35			
25/04/2014	67.66	27.06	6.83	67.66	27.06	6.83	67.66	27.06	37.51			
26/04/2014	67.66	27.06	5.03	67.66	27.06	5.03	67.66	27.06	35.21			
28/04/2014	67.66	27.06	2.79	67.66	27.06	2.79	67.66	27.06	31.45			
29/04/2014	67.66	27.06	1.90	67.66	27.06	1.90	67.66	27.06	28.83			
30/04/2014	67.66	27.06	0.29	67.66	27.06	0.29	67.66	27.06	26.01			
01/05/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.66	27.06	23.31			
02/05/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.66	27.06	23.76			
03/05/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.66	27.06	22.19			
05/05/2014	67.66	27.06	16.73	67.66	27.06	16.73	67.66	27.06	43.32			
06/05/2014	67.66	27.06	14.82	67.66	27.06	14.82	67.66	27.06	40.63			
07/05/2014	67.66	27.06	11.20	67.66	27.06	11.20	67.66	27.06	38.30			

Fuente: Cengicaña

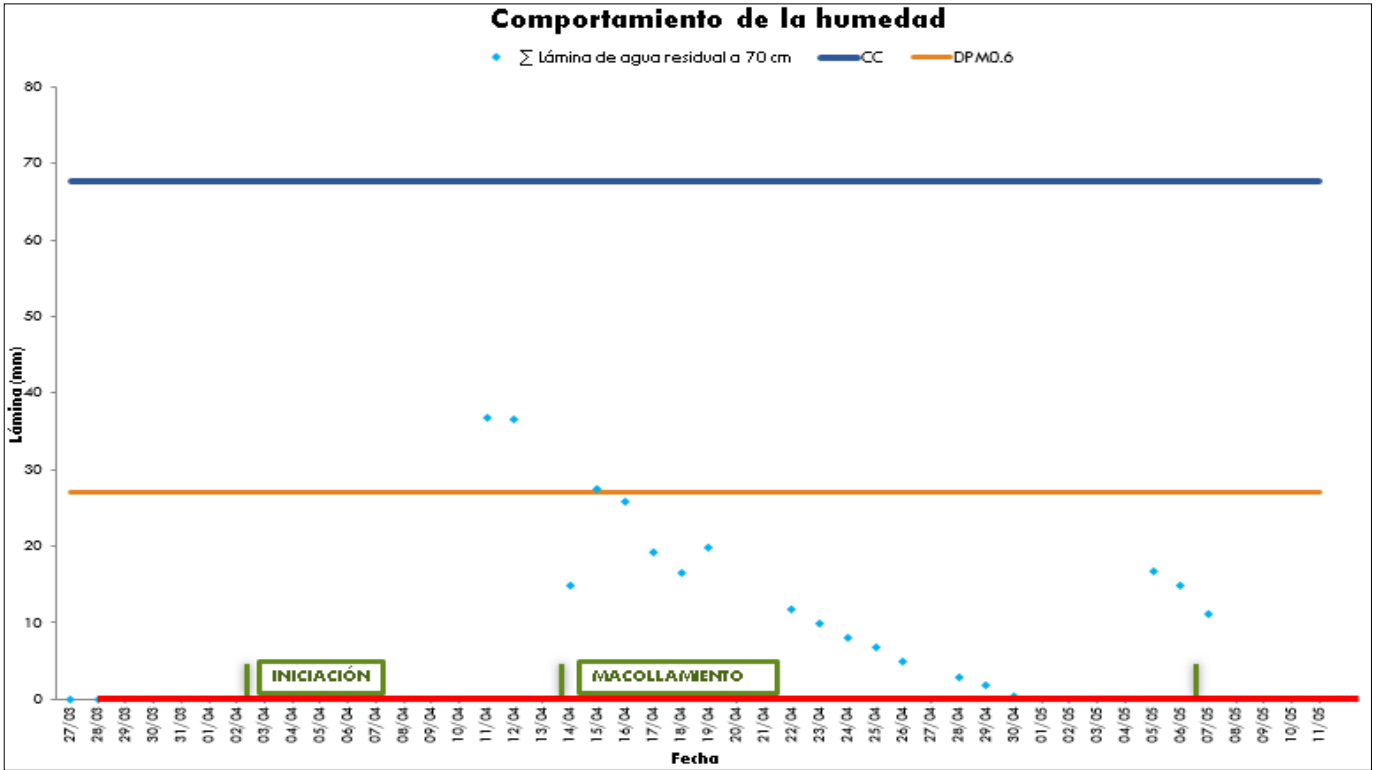


Figura 15 Comportamiento de humedad Tratamiento 1 y Tratamiento 2

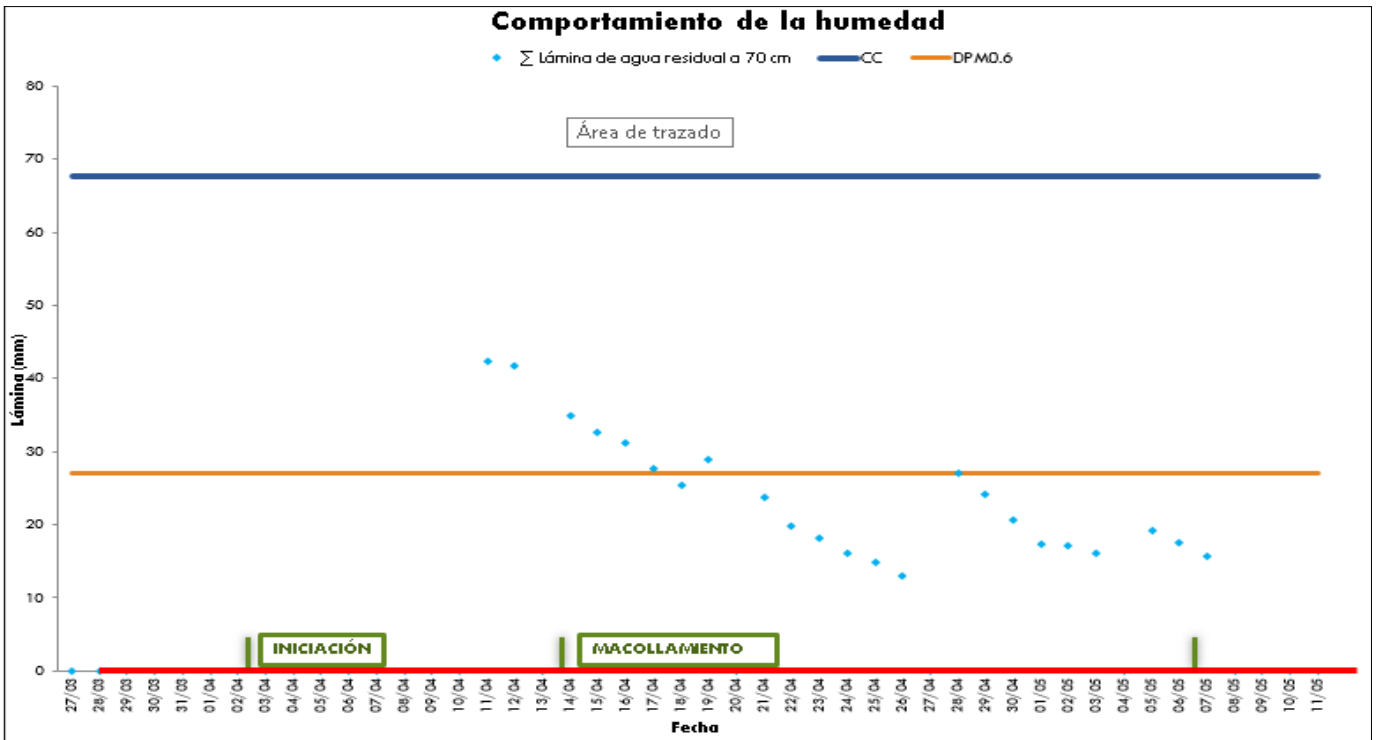


Figura 16 Comportamiento de humedad Tratamiento 3 y Tratamiento 4

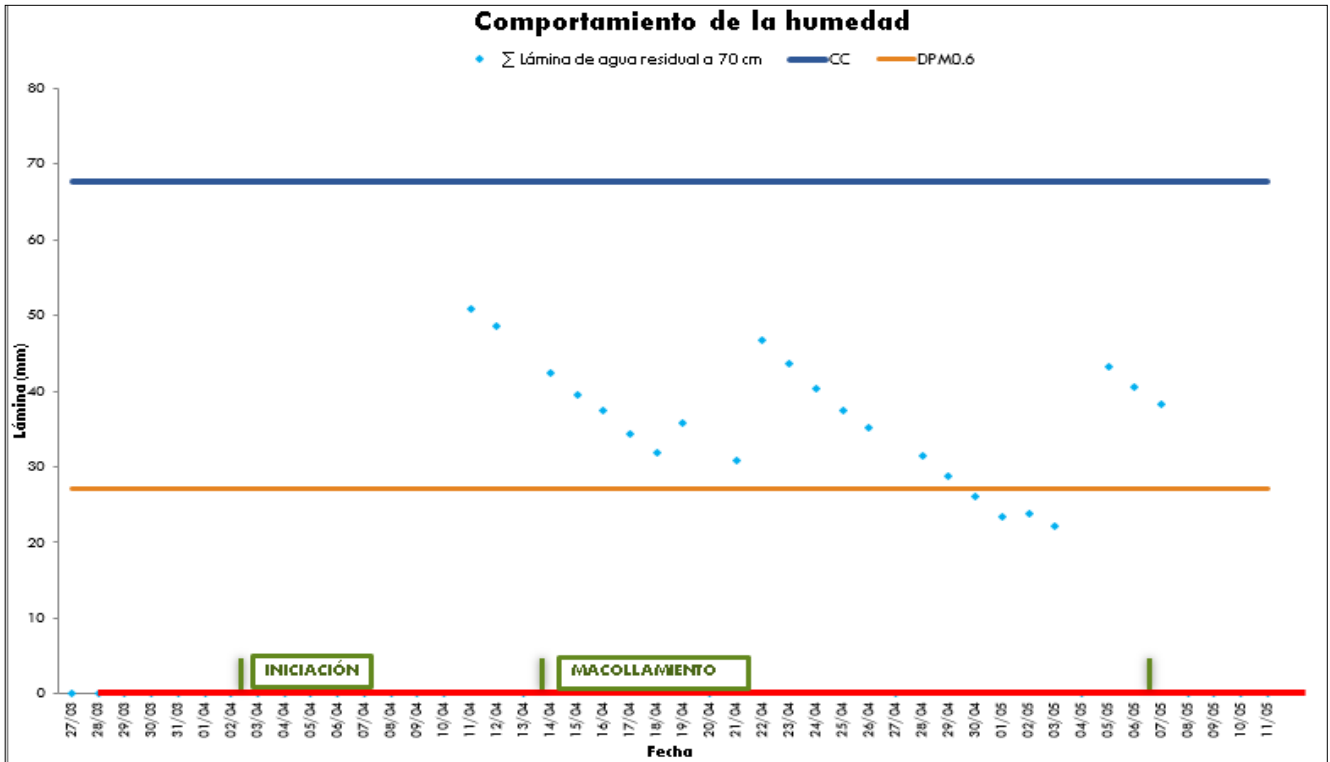


Figura 17 Comportamiento de humedad Tratamiento 5 y Tratamiento 6

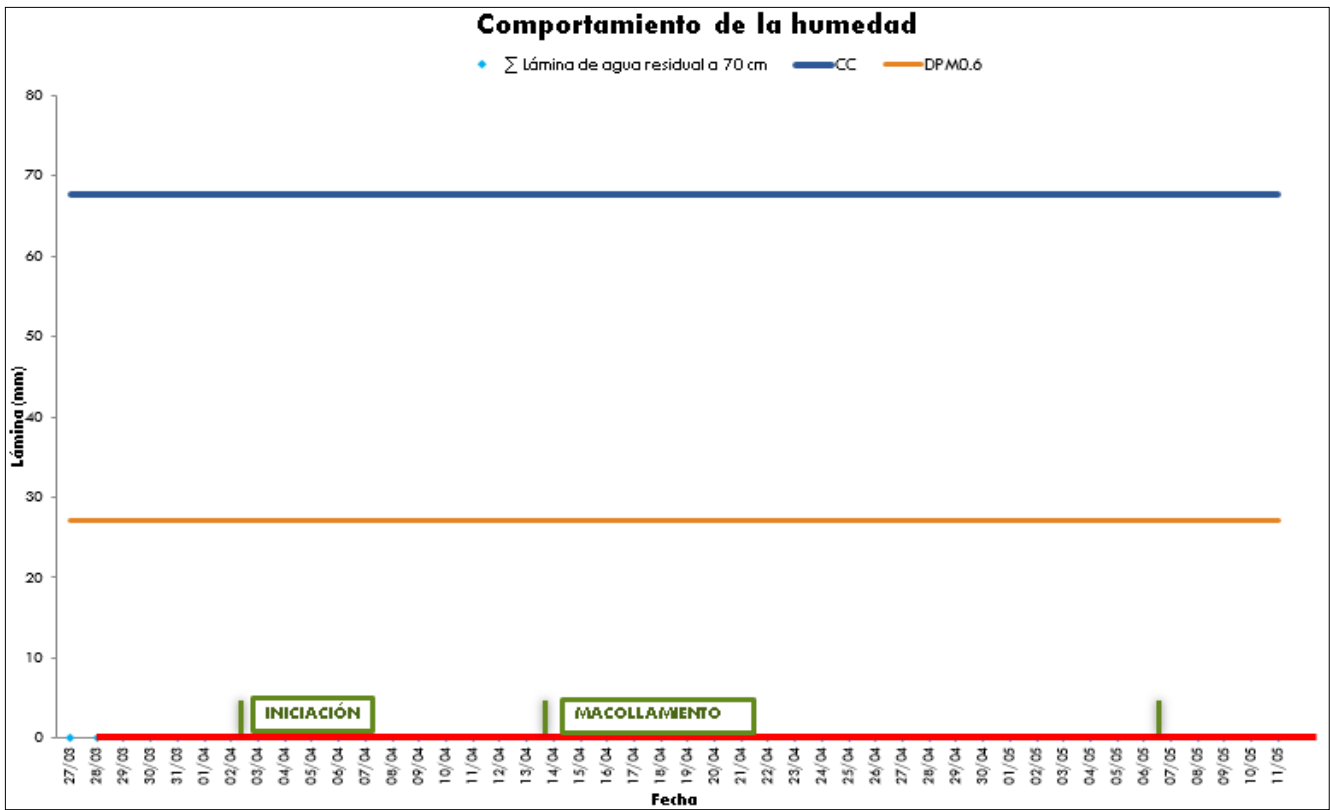


Figura 18 Comportamiento de humedad Tratamiento 7 y Tratamiento 8

En los puntos de medición de humedad se introdujo la sonda en su totalidad adentro de cada tubo de acceso y la misma determinó los porcentajes de humedad volumétrica por estrato de 10 cm. Posteriormente el software incorporado dentro del datalogger transforma los porcentajes de humedad de los muestreos en láminas de agua mediante la relación;

$$\text{Lámina} = \text{Volumen} \times \text{Profundidad}; \text{ donde la profundidad} = 10 \text{ cm}$$

Seguidamente, con los datos de humedad del suelo (CC – PMP) y los porcentajes de humedad de los muestreos, se determina una lámina residual de agua en el suelo, mediante la relación,

$$\text{Lámina residual} = \text{Lámina muestreo} - \text{Lámina PMP}$$

También el software determina el porcentaje de agua residual como;

$$\text{Lámina residual (\%)} = \frac{\text{Lamina muestreo} - \text{Lam PMP}}{\text{Lam CC} - \text{Lam PMP}} \times 100$$

Si la lámina residual en porcentaje (%) es menor (<) que (1-DPM) es necesario iniciar con los riegos.

2.7.9 Resultados de macronutrientes y micronutrientes

El análisis foliar se utilizó con el fin de suplir deficiencias nutricionales del cultivo alrededor de los cuatro a cinco meses de desarrollo, para no tener alguna condicionante que no favorezca el rendimiento del cultivo. (CENGICAÑA, Análisis foliar) (Ver cuadro 16).

Cuadro 23 Análisis foliar de caña de azúcar: macronutrientes y micronutrientes (120 ddc).

Trata- miento	Macronutrientes (%)						Micronutrientes (ppm)					
	Normal						Bajo	Normal				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
T1	2.3	0.3	1.4	0.3	0.1	1900	5	7	155	19	16	1
T2	2.2	0.2	1.3	0.3	0.1	2080	6	7	153	21	15	1
T3	2.3	0.2	1.4	0.3	0.1	1970	5	7	161	24	16	1
T4	2	0.3	1.4	0.3	0.2	2150	6	7	153	21	17	1
T5	2.1	0.3	1.5	0.3	0.1	2150	5	7	157	22	17	1
T6	1.7	0.2	1.3	0.3	0.1	2120	6	7	172	24	15	1
T7	2.1	0.3	1.4	0.3	0.1	1890	4	7	155	24	15	1
T8	1.8	0.3	1.4	0.3	0.1	2230	6	7	157	19	16	1

Fuente: Laboratorio CENGICAÑA

- Dentro de los intervalos en los que debería de estar cada micro y macro nutriente, el boro es el único que se encuentra por debajo de su rango, por lo que este debería de estar en un rango de 15 – 20 ppm, debido a que bajo estas condiciones el cultivo se encuentra propenso a enfermedades tales como: necrosis, clorosis, enanismo (achaparramiento).
- Posterior a los resultados de análisis foliar se realizó la aplicación de 1.3 kg de boro, esta aplicación fue realizada de forma manual.

2.8 CONCLUSIONES

1. Con base al análisis de varianza y prueba de Tukey no hubo diferencia significativa en la evaluación de la producción en Toneladas de Caña por Hectárea (TCH), en el rendimiento de Kilogramos de Azúcar por Tonelada de Caña Y Toneladas de Azúcar por Hectárea (TAH), en cuanto a la aplicación de riego y sus dos fuentes de fertilización.
2. Para la etapa de macollamiento, en cuanto a las variables respuesta; población y altura de planta, no existieron diferencias estadísticamente significativas.
3. La lámina aplicada para los tratamientos T1 y T2 fue de 158 mm, tratamiento T3 y T4 fue de 178 mm y los tratamientos T5 y T6 fue de 197 mm, incluyendo los dos riegos de germinación siendo ellos con una lámina de 53.5 mm, es decir se cuantificaron 9 riegos en todo el estudio, por tanto la caña de azúcar en su etapa de macollamiento se vio sensiblemente afectada por el estrés hídrico experimentado en los tratamientos.
4. La sonda FDR permitió observar el comportamiento de la humedad del suelo, lo cual permitió conocer el agua residual (mm) dentro de cada tratamiento, es decir que nos permite tomar la decisión de cuándo y cuánto regar, esto se logró definir después de obtener los datos en porcentajes de humedad de cada punto.

2.9 RECOMENDACIONES

1. Las dos fuentes de fertilización en tratamientos con efecto al riego no presenta efectos significativos dentro del cultivo de la caña de azúcar, debido a que se evaluó en la etapa de macollamiento, por lo que se recomienda realizar una evaluación en la etapa de elongación en donde el cultivo se verá afectado en la reducción del agua.
2. Seguir evaluando la variedad CP-722086 con sus frecuencias de riego manteniendo un mejor manejo agronómico aplicando sus dos fuentes de fertilización utilizando áreas con mayores vetas arenosas en localidades de la zona cañera, tomando en consideración las fecha de su aplicación.
3. Evaluar las lecturas de humedad con ayuda de medidor de humedad del suelo (TDR 300), esto para tener una mayor referencia en función de la cantidad de agua consumida por la planta y el almacenamiento de la misma en el suelo, tomando como referencia un déficit permitido de manejo (DPM) del 60%, todo esto lograr hacer una comparación con datos de pluviometría.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. ASAZGUA. (2015). *Economía*. Consultado el 15 Agosto de 2015. Disponible en Asociación de Azucareros de Guatemala, <http://www.azucar.com.gt/economia3.html>
2. Cassalett, C.; Torres, J.; & Isaacs, C. (eds.). (1995). *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cali, Colombia, CENICAÑA. 394 p.
3. Castro Loarca, O. R. *Riego en el cultivo de caña de azúcar*. Escuintla, Guatemala: CENGICAÑA. 25 p.
4. CENGICAÑA. 2015. Análisis de tejido foliar para recomendaciones de fertilización; página informativa. Disponible en: http://www.cenicana.org/servicios/analisis_foliar.php
5. Chávez, AN. 2006. *Física de suelos*. México: Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola.
6. Esquit, V. 2004. *Análisis técnico-económico de un sistema de riego por pivote central y un módulo de riego por aspersión móvil en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.)*, en *Ingenio La Unión S.A. Escuintla*. (Tesis Ing. Agr.). USAC, Facultad de Agronomía. 107 p. Consultado el 10 de Abril 2015. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2057.pdf
7. Grassi, C. J. 1998. *Fundamentos de riego*. Mérida, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 409 p.
8. Illescas Sandoval, J. E. 1998. *Principios de riego y drenaje*. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
9. Juárez, D.; Muñoz, E. 1998. *Requerimientos de riego de la caña de azúcar en la costa sur de Guatemala: estudio exploratorio*. Guatemala: CENGICAÑA. 63 p. (Documento Técnico no. 15).
10. León Arteta, R. 2006. *Nueva edafología*. 3 ed. México, FONTAMARA. 484 p.
11. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinoza, R. (eds.). (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala. 512 p.
12. NETAFIM. 2015. *Manejo del riego; página informativa*. Consultado el 10 de Abril 2015. Disponible en http://sugarcane.crops.com/s/agronomic_practices/irrigation_water_management/

13. Orozco, H. *et al.* 1995. *Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (Saccharum sp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades.* Escuintla, Guatemala: CENGICAÑA. 33 p. (Documento Técnico no. 6).
14. Pérez, O. 2000. *Nutrición y fertilización.* Escuintla, Guatemala: CENGICAÑA. 28 p.
15. Raine, S. R.; Meyer, W. S.; Rassam, D. W.; Hutson, J. L.; Cook, F. J. 2007. *Soil-water and solute movement under precision irrigation: knowledge gaps for managing sustainable root zones.* *Irrigation/Science* 26(1), 91-100.
16. Sandoval, J. (1989). *Principios de riego y drenaje.* Guatemala, USAC, Editorial Universitaria. 345 p.
17. Santa Olalla Mañas, F. M. De; Valero, J. A. De. 1993. *Agronomía del riego.* Madrid, España: Mundi-Prensa. 732 p.
18. Shumagurenky, C.; Capraro, F. 2008. *Control automático de riego agrícola con sensores capacitivos de humedad de suelo: aplicaciones en vid y olivo.* In Congreso de la Asociación Chilena de Control Automático (ACCA), Actas, Santiago, Chile.
19. Smith, R. J., Raine, S. R. 2000. A prescriptive future for precision and spatially varied irrigation. Melbourne, Australia: Nat. Conf. Irrigation Association of Australia. p. 22-25.
20. Smith, R. J.; Baillie, J. N.; McCarthy, A. C.; Raine, S. R.; Baillie, C. P. 2010. Review of precision irrigation technologies and their application. Toowoomba, US, National Centre for Engineering in Agriculture Publication 1003017/1, USQ. 104 p.
21. Soto, G. J. 1995. Prototipo varietal de caña de azúcar para la agroindustria azucarera guatemalteca. Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. (Documento Técnico no. 5).
22. Subirós R., F. (1985). *El cultivo de la caña de azúcar.* Costa Rica: Editorial Universitaria Estatal a Distancia.
23. Trezza, R. *et. al.* 2008. *Programación del riego en caña de azúcar en una zona semiárida del estado Lara, Venezuela, utilizando la metodología FAO.* 7 p.



2.11 ANEXOS

2.11.1 Anexo 1: Ilustración de zanjeo para instalación de tubería PVC

Zanjeo para la instalación de tubería de riego subterránea a 60 centímetros.



Calicata en ensayo experimental



Esta calicata se realizó con el fin de conocer los horizontes en los que está establecido el ensayo de riego y fertilización.

2.11.2 Anexo 2: Análisis de Varianza Toneladas de Caña por Hectárea

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TCH	32	0.68	0.18	10.21

Cuadro 24 A Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	GL	CM	F	P- VALOR	(ERROR)
MODELO.	1419.59	19	74.72	1.37	0.2942	
RIEGO	167.45	3	55.82	0.78	0.5359	(Riego*Bloque)
BLOQUE	423.67	3	141.22	2.58	0.1019	
FERTILIZACIÓN	106.91	1	106.91	1.95	0.1874	
RIEGO*BLOQUE	646.81	9	71.87	1.31	0.3228	
RIEGO*FERTILIZACIÓN	74.75	3	24.92	0.46	0.7182	
ERROR	656.26	12	54.69			
TOTAL	2075.85	31				

Cuadro 25 A Prueba de Tukey Efecto de Riego.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13.23253
Error: 71.8680 gl: 9

RIEGO	MEDIAS	N	E.E.	
R1	75.78	8	3	A
R2	73.35	8	3	A
R3	70.6	8	3	A
R4	70.08	8	3	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Cuadro 26 A Prueba de Tukey Efecto de Fertilización.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.69669
Error: 54.6884 gl: 12

FERTILIZACIÓN	MEDIAS	N	E.E.	
F2	74.28	16	1.85	A
F1	70.62	16	1.85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Cuadro 27 A Prueba de Tukey Efecto de Riego y Fertilización.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=18.92666
Error: 54.6884 gl: 12

RIEGO	FERTILIZACIÓN	MEDIAS	N	E.E.	
R2	F2	77.58	4	3.7	A
R1	F2	76.28	4	3.7	A
R1	F1	75.28	4	3.7	A
R3	F2	72.66	4	3.7	A
R4	F2	70.59	4	3.7	A
R4	F1	69.57	4	3.7	A
R2	F1	69.11	4	3.7	A
R3	F1	68.54	4	3.7	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

2.11.2.1 Análisis de Varianza Toneladas de Azúcar por Hectárea

Análisis de varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² AJ	CV
TAH	32	0.69	0.2	10.54

Cuadro 28 A Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	GL	CM	F	P- VALOR	(ERROR)
MODELO.	7.58	19	0.4	1.41	0.2742	
RIEGO	0.86	3	0.29	0.77	0.5391	(Riego*Bloque)
BLOQUE	2.46	3	0.82	2.9	0.0786	
FERTILIZACIÓN	0.35	1	0.35	1.23	0.29	
RIEGO*BLOQUE	3.33	9	0.37	1.31	0.3247	
RIEGO*FERTILIZACIÓN	0.58	3	0.19	0.69	0.5772	
N						
ERROR	3.39	12	0.28			
TOTAL	10.97	31				

Cuadro 29 A Prueba de Tukey Efecto de Riego.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.94991
Error: 0.3704 gl: 9

RIEGO	MEDIAS	N	E.E.	
R1	5.23	8	0.22	A
R2	5.18	8	0.22	A
R3	4.93	8	0.22	A
R4	4.84	8	0.22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

En los resultados de toneladas de azúcar por hectárea, se realizó la prueba de Tukey en efecto de riego, obteniendo estos resultados se determinó que no hubo diferencia significativa con un nivel de significancia al 5%.

Cuadro 30 A Prueba de Tukey Efecto de Fertilización.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.40962
Error: 0.2828 gl: 12

FERTILIZACIÓN	MEDIAS	N	E.E.	
F2	5.15	16	0.13	A
F1	4.94	16	0.13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Cuadro 31 A Prueba de Tukey Efecto de Riego y Fertilización.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.36092
Error: 0.2828 gl: 12

RIEGO	FERTILIZACIÓN	MEDIAS	N	E.E.	
R2	F2	5.45	4	0.27	A
R1	F1	5.34	4	0.27	A
R1	F2	5.13	4	0.27	A
R3	F2	5.06	4	0.27	A
R4	F2	4.96	4	0.27	A
R2	F1	4.9	4	0.27	A
R3	F1	4.81	4	0.27	A
R4	F1	4.73	4	0.27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

2.11.3 Anexo 3: Registros de población y altura durante la etapa de macollamiento.

Cuadro 32 A Registros de población en 14 metros lineales durante el macollamiento.

Tratamiento	Registro de Población en 14 metros (m)			
	Macollamiento		5 meses	9 meses
	90 ddc	130 ddc	160 ddc	290 ddc
T1	23	17	17	18
T2	22	17	17	18
T3	27	17	16	19
T4	23	17	17	19
T5	22	18	16	20
T6	22	18	16	20
T7	23	18	17	19
T8	21	18	16	19

Cuadro 33 A Registro de altura de planta durante la etapa de macollamiento.

Tratamiento	Registro de Altura de Planta (m)			
	Macollamiento		5 meses	9 meses
	90 ddc	130 ddc	160 ddc	290 ddc
T1	1.02	1.75	2.21	3.32
T2	0.97	1.74	2.07	3.32
T3	0.87	1.61	2.10	3.30
T4	0.96	1.70	2.21	3.36
T5	0.97	1.66	2.20	3.38
T6	0.85	1.58	2.07	3.24
T7	0.96	1.69	2.16	3.31
T8	0.84	1.58	2.10	3.35

Cuadro 34 A Producción en toneladas de caña por hectárea

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Promedio
T1	72.06	78.87	73.79	76.39	75.28
T2	81.36	66.17	73.24	84.35	76.28
T3	70.57	66.46	61.59	77.82	69.11
T4	80.05	84.51	73.02	72.74	77.58
T5	59.50	77.89	66.98	69.77	68.54
T6	60.63	67.64	82.90	79.48	72.66
T7	66.08	61.27	75.46	75.46	69.57
T8	57.28	64.26	70.34	90.48	70.59
SIGNIFICANCIA	NS (NO SIGNIFICANCIA)				
C.V. (%)	10.21 (%)				

Cuadro 35 A Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Promedio
T1	163.61	160.61	135.51	163.32	155.76
T2	140.05	143.65	156.39	151.68	147.94
T3	159.51	158.07	147.96	156.90	155.61
T4	151.90	147.75	161.10	158.88	154.91
T5	159.12	153.68	152.34	152.65	154.45
T6	153.11	157.61	145.58	156.97	153.32
T7	150.99	140.94	157.53	147.31	149.19
T8	160.37	146.96	159.44	152.00	154.69
SIGNIFICANCIA	NS (NO SIGNIFICANCIA)				
C.V. (%)	5.41 (%)				

Cuadro 36 A Producción en toneladas de azúcar por hectárea.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Promedio
T1	11.79	12.67	10	12.48	11.73
T2	11.39	9.5	11.45	12.79	11.29
T3	11.26	10.51	9.11	12.21	10.77
T4	12.16	12.49	11.76	11.56	11.99
T5	9.47	11.97	10.2	10.65	10.57
T6	9.28	10.66	12.07	12.48	11.12
T7	9.98	8.64	11.89	11.12	10.4
T8	9.19	9.44	11.22	13.75	10.9
SIGNIFICANCIA	NS (NO SIGNIFICANCIA)				
C.V. (%)	1.54 %				

2.11.4 Anexo 4: Cartilla de aspersor (emisor) mini wobbler y sonda FDR



INTRODUCIDO EN 1999

El mini-Wobbler utiliza la acción rotativa oscilante de los Wobblers. Este diseño provee una cobertura extremadamente uniforme sobre un gran diámetro a bajas presiones.



Vertical

CARACTERÍSTICAS

- Baja pérdida por evaporación
- Múltiples niveles de alcance, ángulo aproximado: 10°
- Caudales: 95 a 495 L/hr (0.42 a 2.18 gpm)
- Presiones Operativas: 1.03 a 1.72 bar (15 a 25 psi)
- Conexión: 1/2" NPT macho
- Garantía de dos años en materiales, mano de obra y desempeño
- Boquillas codificadas por color para fácil identificación. Garantizadas a mantener su diámetro de orificio correcto por cinco años



El mini-Wobbler puede montarse sobre el Adaptador para Elevador para versatilidad de instalación (vea pg. 18)

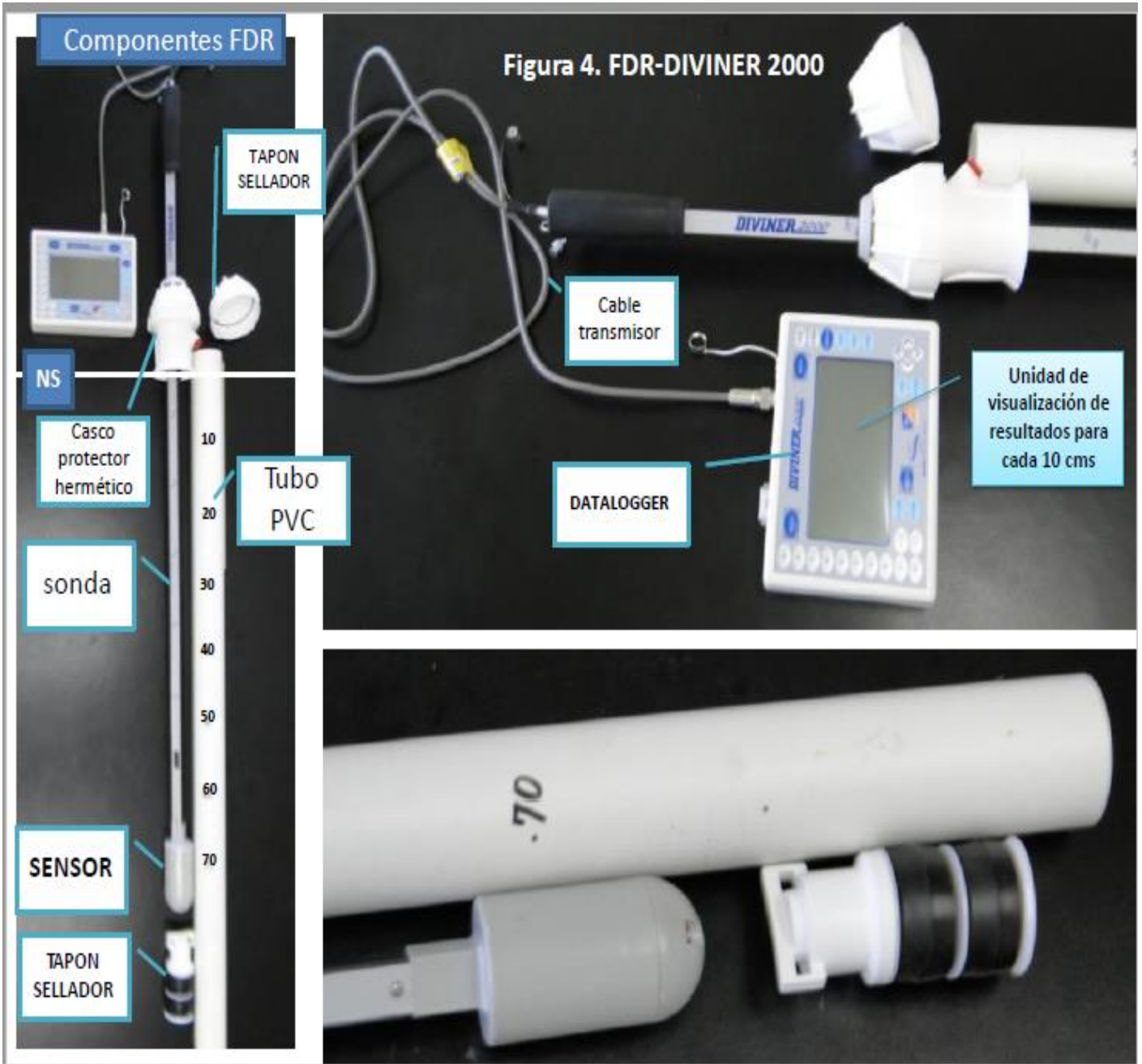
mini-Wobbler

Presión en la base del aspersor - EE.UU	psi			Presión en la base del aspersor - Métrico	bar		
	15	20	25		1.03	1.38	1.72
Boquilla #4 – Celeste (1/16")				Boquilla #4 – Celeste (1.59 mm)			
Caudal (gpm)	0.42	0.50	0.56	Caudal (L/hr)	95	114	127
Diámetro a 1.5 pies de alt (pies)	26.5	28.0	29.0	Diámetro a 0.46 m de alt (m)	8.1	8.5	8.8
Diámetro a 3.0 pies de alt (pies)	31.0	32.0	33.0	Diámetro a 0.91 m de alt (m)	9.5	9.8	10.1
Boquilla #5 – Beige (5/64")				Boquilla #5 – Beige (1.98 mm)			
Caudal (gpm)	0.64	0.75	0.84	Caudal (L/hr)	145	170	191
Diámetro a 1.5 pies de alt (pies)	31.0	33.5	35.0	Diámetro a 0.46 m de alt (m)	9.5	10.2	10.7
Diámetro a 3.0 pies de alt (pies)	36.5	39.0	39.5	Diámetro a 0.91 m de alt (m)	11.1	11.9	12.0
Boquilla #6 – Dorado (3/32")				Boquilla #6 – Dorado (2.38 mm)			
Caudal (gpm)	0.95	1.10	1.25	Caudal (L/hr)	216	250	284
Diámetro a 1.5 pies de alt (pies)	33.0	36.0	37.0	Diámetro a 0.46 m de alt (m)	10.1	11.0	11.3
Diámetro a 3.0 pies de alt (pies)	39.5	42.0	42.0	Diámetro a 0.91 m de alt (m)	12.0	12.8	12.8
Boquilla #7 – Lima (7/64")				Boquilla #7 – Lima (2.78 mm)			
Caudal (gpm)	1.30	1.51	1.69	Caudal (L/hr)	295	343	384
Diámetro a 1.5 pies de alt (pies)	35.0	37.5	38.5	Diámetro a 0.46 m de alt (m)	10.7	11.4	11.7
Diámetro a 3.0 pies de alt (pies)	41.0	43.0	43.0	Diámetro a 0.91 m de alt (m)	12.5	13.1	13.1
Boquilla #8 – Lavanda (1/8")				Boquilla #8 – Lavanda (3.18 mm)			
Caudal (gpm)	1.67	1.95	2.18	Caudal (L/hr)	379	443	495
Diámetro a 1.5 pies de alt (pies)	35.5	38.5	39.0	Diámetro a 0.46 m de alt (m)	10.8	11.7	11.9
Diámetro a 3.0 pies de alt (pies)	41.5	43.0	43.5	Diámetro a 0.91 m de alt (m)	12.7	13.1	13.3

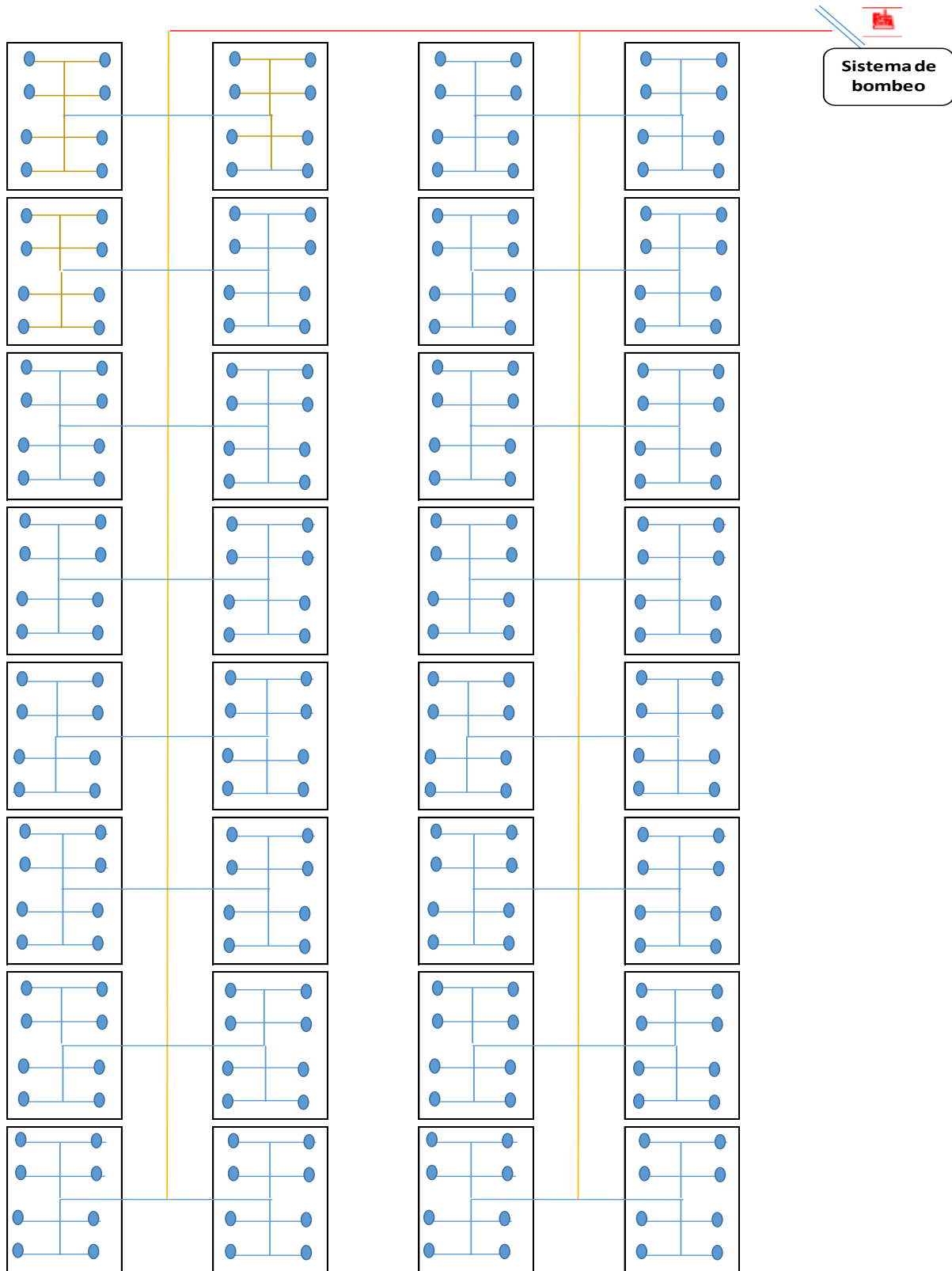
También disponible con las boquillas #9 y #10. Consulte con la fábrica para datos específicos de desempeño. El desempeño de los aspersores puede variar en condiciones reales de campo. Las alturas de los chorros para los modelos verticales varían entre 0.46 a 0.91 m (1.5 a 3.0 pies) por encima de la boquilla dependiendo de la presión y del tamaño de la boquilla. La altura mínima recomendada para los elevadores es de 0.46 m (1.5 pies).



2.11.4.1 Bosquejo del equipo sonda FDR



2.11.5 Anexo 5: Plano de diseño de tubería (sistema de riego fijo PVC)



CAPITULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN INGENIO PANTALEÓN, S. A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA

3.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Pantaleón S.A., es una organización que se dedica al procesamiento de caña de azúcar con el objetivo de producir azúcar, melaza, alcohol y energía eléctrica, siendo la mayor productora de azúcar de Guatemala. En la zafra 2011 – 2012, de acuerdo con datos reportados por la corporación se cosecharon 4, 985,114.95 Toneladas de caña; en la zafra 2012 – 2013 se tuvo una producción de 5, 103,646.64 Toneladas de caña y en la zafra 2013 – 2014 se tuvo una producción de 5, 171,576.22 Toneladas de caña, enfatizando una diferencia en el incremento de una zafra a otra en la producción de caña de azúcar.

En el E.P.S.A. el valor de la preparación de un plan de servicios permitió evidenciar las diversas actividades que se llevan a cabo en dicha institución, es por ello que a continuación se presentan los siguientes servicios que se diagnosticaron dentro de la corporación Pantaleón; Servicio No. 1: Efectos de las diferentes láminas y frecuencias de riego en la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en donde se instaló un ensayo en la finca La Cuchilla lote 401 colocando sensores de humedad que servirán para saber técnicamente cuando y cuanto regar. Servicio No. 2: elaboración de un inventario de accesorios utilizados para los equipos de riego por aspersión móvil y semifijos el cual servirá para llevar un mejor control en cuanto a equipos de riegos y así poder facilitar las actividades del campo.

El primer servicio fue enfocado en la evaluación de frecuencias fijas y variables en la producción de caña. Se instalaron sensores de humedad con el fin de obtener datos día con día para conocer los efectos ocasionados por la evapotranspiración permitiendo saber en qué momento el cultivo necesita riego. Como resultado de las frecuencia fijas de riego de 4 días se aplicó una lámina de 20 mm, frecuencia de 8 días se aplicó una lámina de 40 mm, frecuencia de 12 días se aplicó una lámina de 60 mm y la frecuencia de riego de 16 días se aplicó una lámina de 80 mm. Para las frecuencias variables de riego con Kc de 0.4, 0.6 y 0.8, se manejaron dos constantes siendo ellas capacidad de campo y punto marchites permanente, para la variable de kc 0.4 se aplicó una lámina de riego promedio de 26 mm, la variable 0.6 se aplicó una lámina de riego promedio de 38 mm y la variable 0.8 se aplicó una lámina de riego promedio de 68 mm. Estas láminas se aplicaron de acuerdo al déficit permitido de manejo del 60 %.

El segundo servicio fue enfocado en los inventarios de riego de toda la empresa, se cuantificó el inventario de cada sistema de riego con el fin de evaluar y analizar el estado actual de cada sistema. Se realizó un listado de todos los accesorios que se encuentran en bodega y los ubicados e instalados en finca, de tal forma que dicho inventario se tenga actualizado y se reporten aquellos accesorios no útiles o en mal estado para su respectivo cambio.

3.2 SERVICIO NO. 1: EFECTOS DE LAS DIFERENTES LÁMINAS Y FRECUENCIAS DE RIEGO EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* spp.)

3.2.1 OBJETIVOS

3.2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de las diferentes láminas y frecuencias de riego en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* spp.)

3.2.1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto sobre las variables de altura y población de tallos en cultivo de caña de azúcar.
2. Cuantificar las aplicaciones de lámina de riego en las frecuencias a utilizar.

3.2.2 METODOLOGÍA

3.2.2.1 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron en la aplicación de cuatro frecuencias fijas y tres frecuencias variables de riego con respectivas lámina neta de riego, bajo dos dosis de fertilización, los cuales fueron planificados para cada unidad experimental (ver cuadro 37).

En el siguiente cuadro se muestra el esquema de cómo estuvieron distribuidos los tratamientos de riego y la descripción de la fertilización.

Cuadro 37 Distribución de tratamientos de riego y su descripción.

Tratamiento	Frecuencia de Riego (Parcela grande)	Fertilización (Parcela pequeña)
T1	Cada cuatro días	Testigo Comercial
T2	Cada cuatro días	Alta Fertilización
T3	Cada ocho días	Testigo Comercial
T4	Cada ocho días	Alta Fertilización
T5	Cada doce días	Testigo Comercial
T6	Cada doce días	Alta Fertilización
T7	Cada dieciséis días	Testigo Comercial
T8	Cada dieciséis días	Alta Fertilización
T9	DPM 0.4	Testigo Comercial
T10	DPM 0.4	Alta Fertilización
T11	DPM 0.6	Testigo Comercial
T12	DPM 0.6	Alta Fertilización
T13	DPM 0.8	Testigo Comercial
T14	DPM 0.8	Alta Fertilización

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.2 Factores de estudio:

Se estudiaron dos factores:

- a. Cuatro frecuencias fijas y tres frecuencias variables de riego.
- b. Dos dosis de fertilización; dosis comercial y dosis balanceada.

3.2.2.3 Manejo fertilización en el experimento

La fertilización consistió en evaluar dos dosis de nutrientes siendo ellos: (ver cuadro 38).

- c. Fertilización comercial
- d. Fertilización balanceada

Cuadro 38 Descripción de dosis de fertilización.

Tratamiento	Descripción de la Fertilización	Observaciones
Fer 1 (Testigo comercial)	Testigo comercial: se aplicaron 102 kg de Nitrógeno puro en forma de urea y 2 m ³ de vinaza/hectárea	Composición Vinaza 2 m ³ Nitrógeno: 4 kg/m ³ = 8 kg Fosforo: 2 kg/m ³ = 4 kg Potasio: 72 kg/m ³ = 144 kg
Fer 2 (Alta fertilización)	Alta fertilización: 180 kg de Nitrógeno, 40 kg de fosforo. 200 kg de potasio y 2.5 Kg de boro	30 ddc(70 N – 40P- 60K -2.5 B), 60 ddc (70N, 60K), 120 ddc (40N, 80K)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.4 Unidad experimental

El ensayo cuenta con parcelas de 14 metros de largo y 14 de ancho, cada surco tiene 1.75 metros de separación para hacer un total de 196 metros cuadrados por cada unidad experimental, cada una con su propio sistema de riego y sus propias válvulas para abrir y cerrar el paso del agua, a las cuales se les aplicara diferentes tratamientos. El ensayo se estableció en la primera soca de lote 401 de la finca La Cuchilla y se usó la variedad de caña más representativa (CP 881165).

3.2.2.5 Variables Biométricas

Las mediciones de las variables a medir se realizarán por cada sitio de muestreo.

A. Altura de Tallo

Con una cinta métrica, se midió desde la base hasta el último cuello visible del tallo. El intervalo entre una medición y otra será de 15 días, por lo que las cañas deberán de marcarse.

B. Diámetro de Tallo

Para la medición del diámetro, el tallo visualmente se dividió en 3 segmentos y se midió con un vernier el segmento de la parte media. El intervalo de lectura y otra será de 15 días, se recomienda marcar el entrenudo en donde se realice la medición.

C. Población de tallos

Se realizó un conteo de tallos de caña por cada sitio de muestreo dentro de cada unidad experimental, obteniendo una cantidad de tallos por metro lineal.

3.2.2.6 Evaluación del efecto del riego

1. Se realizó un seguimiento de las frecuencias fijas y las frecuencias variables diarias para la creación de una base de datos y llevar el control de dicho ensayo.
2. Mantener el cultivo dentro de la capacidad de campo, para evitar pérdidas en la producción de caña de azúcar.
3. Cuantificar la cantidad de agua aplicada al cultivo de caña de azúcar.
4. Lograr medir la humedad con la sonda (DIVINER) a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 centímetros de profundidad.

3.2.3 RESULTADOS

3.2.3.1 Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas para analizar el efecto de los tratamientos fueron altura, diámetro y población de planta en diferentes edades (ver cuadro 39, 40 y 41).

Cuadro 39 Lecturas biométricas de altura del cultivo de caña de azúcar hasta los seis meses.

Tratamiento	Tipo de Fertilización	Suma Altura	Promedio Altura	Mínimo Altura	Máximo Altura
T1	F1 Alta Fertilización	29.85	1.49	0.37	2.39
T10	F2 Testigo Comercial	29.59	1.48	0.32	2.49
T11	F2 Testigo Comercial	28.08	1.40	0.38	2.37
T12	F2 Testigo Comercial	26.72	1.34	0.35	2.43
T13	F2 Testigo Comercial	26.61	1.33	0.34	2.22
T14	F2 Testigo Comercial	27.34	1.37	0.29	2.39
T2	F1 Alta Fertilización	27.20	1.36	0.34	2.40
T3	F1 Alta Fertilización	28.88	1.44	0.33	2.43
T4	F1 Alta Fertilización	25.85	1.29	0.24	2.33
T5	F1 Alta Fertilización	26.82	1.34	0.26	2.29
T6	F1 Alta Fertilización	26.47	1.32	0.36	2.30
T7	F1 Alta Fertilización	27.80	1.39	0.36	2.38
T8	F2 Testigo Comercial	30.69	1.53	0.32	2.50
T9	F2 Testigo Comercial	27.66	1.38	0.38	2.20
Grand Total		389.55	1.39	0.24	2.50

Cuadro 40 Lecturas biométricas de diámetro del cultivo hasta los seis meses.

Tratamiento	Tipo de Fertilización	Suma de Diametro (cm)	Promedio Diametro (cm)	Minimo Diametro (cm)	Maximo Diametro (cm)
T1	F1 Alta Fertilización	35.78	2.24	2.05	2.35
T10	F2 Testigo Comercial	35.11	2.19	2.06	2.34
T11	F2 Testigo Comercial	37.53	2.35	2.16	2.52
T12	F2 Testigo Comercial	36.78	2.30	2.14	2.48
T13	F2 Testigo Comercial	36.79	2.30	2.15	2.44
T14	F2 Testigo Comercial	35.77	2.24	2.00	2.48
T2	F1 Alta Fertilización	35.46	2.22	1.69	2.40
T3	F1 Alta Fertilización	35.99	2.25	2.13	2.42
T4	F1 Alta Fertilización	35.99	2.25	1.95	2.43
T5	F1 Alta Fertilización	36.16	2.26	2.02	2.45
T6	F1 Alta Fertilización	35.04	2.19	1.87	2.36
T7	F1 Alta Fertilización	36.41	2.28	2.10	2.49
T8	F2 Testigo Comercial	36.51	2.28	2.03	2.45
T9	F2 Testigo Comercial	35.72	2.23	2.09	2.37
Grand Total		505.01	2.25	1.69	2.52

Cuadro 41 Lecturas biométricas de tallos por metro lineal del cultivo hasta los seis meses.

Tratamiento	Tipo de Fertilización	Suma TML	Promedio TML	Mínimo TML	Máximo TML
T1	F1 Alta Fertilización	685.17	28.55	14.01	65.19
T10	F2 Testigo Comercial	691.96	28.83	14.33	55.96
T11	F2 Testigo Comercial	681.39	28.39	12.11	66.94
T12	F2 Testigo Comercial	677.56	28.23	13.10	60.06
T13	F2 Testigo Comercial	716.51	29.85	14.03	57.99
T14	F2 Testigo Comercial	679.00	28.29	12.23	57.31
T2	F1 Alta Fertilización	617.21	25.72	11.47	52.60
T3	F1 Alta Fertilización	680.11	28.34	13.63	67.70
T4	F1 Alta Fertilización	651.44	27.14	12.60	56.59
T5	F1 Alta Fertilización	737.54	30.73	13.03	95.41
T6	F1 Alta Fertilización	738.36	30.76	15.27	70.01
T7	F1 Alta Fertilización	665.40	27.73	14.01	51.44
T8	F2 Testigo Comercial	683.94	28.50	13.90	55.40
T9	F2 Testigo Comercial	645.16	26.88	13.47	52.41
Gran Total		9550.76	28.42	11.47	95.41

3.2.3.2 Evaluación del efecto del riego

Las evaluaciones del efecto de riego se dieron de acuerdo a las frecuencias fijas y frecuencias variables de riego, (ver cuadro 42 y 43)

Cuadro 42 Frecuencias fijas de riego en ensayo finca la cuchilla.

P = Punto de Sondeo de Humedad

R. /4 Días	20 mm/riego
R. /8 Días	40 mm/riego
R. /12 Días	60 mm/riego
R. /16 Días	80 mm/riego

FECHA	FRECUENCIA DE RIEGO															
	RIEGO CADA 4 DÍAS ; 9 HRS				RIEGO CADA 8 DÍAS ; 13 HRS				RIEGO CADA 12 DÍAS ; 18 HRS				RIEGO CADA 16 DÍAS ; 23 HRS			
	P12	P14	P24	P26	P07	P16	P22	P04	P02	P09	P20	P27	P06	P08	P13	P23
R1				R2				R7				R3				
28/01/2014	X	X	X	X												
01/02/2014	X	X	X	X	X	X	X	X								
05/02/2014	X	X	X	X					X	X	X	X				
09/02/2014	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X
13/02/2014	X	X	X	X												
17/02/2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
21/02/2014	X	X	X	X												
25/02/2014	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X
01/03/2014	X	X	X	X					X	X	X	X				
05/03/2014	X	X	X	X	X	X	X	X								
09/03/2014	X	X	X	X												
13/03/2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17/03/2014	X	X	X	X												
21/03/2014	X	X	X	X	X	X	X	X								
25/02/2014	X	X	X	X					X	X	X	X				
29/03/2014	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X
02/04/2014	X	X	X	X												
06/04/2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
10/04/2014	X	X	X	X												
14/04/2014	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X
18/04/2014	X	X	X	X					X	X	X	X				
22/04/2014	X	X	X	X	X	X	X	X								
26/04/2014	X	X	X	X												
30/04/2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
04/05/2014	X	X	X	X												

3.2.4 EVALUACIÓN

1. El comportamiento de las variables permitió conocer el índice biométrico de población, diámetro y altura, estas variables tuvieron mucho énfasis durante el periodo de ejecución del servicio, como resultado de la variable población se tuvo un promedio de 28 tallos por metro lineal, para la variable diámetro se tuvo un promedio de 2.25 cm y para la variable altura se tuvo un resultado de 1.39 m.
2. Las aplicaciones de lámina de riego se cuantificaron por cada frecuencia fija y variable; para la primera frecuencia de 4 días se aplicó una lámina total de 500 mm, 8 días una lámina total de 480 mm, 12 días una lámina total de 480 mm y la frecuencia de 16 días una lámina total de 480 mm. Para la primera frecuencia variable kc 0.4 se aplicó una lámina total de 472 mm, la variable kc 0.6 se aplicó una lámina total de 643 mm y la variable kc 0.8 se aplicó una lámina total de 683 mm. Las frecuencias fijas y frecuencias variables permitieron determinar cuánto tiempo el cultivo de caña de azúcar puede estar sin riego, en base al Déficit Permitido de Manejo.

3.2.5 BIBLIOGRAFÍA

1. CENICAÑA (Centro de Investigaciones en Caña de Azúcar, Colombia). 1998. Manual de métodos analíticos para el análisis de suelo y tejidos foliares en caña de azúcar. Colombia, CENICAÑA. 114 p.
2. Irungaray Guzmán, RC. 1997. Uso del balance hídrico para la programación de riegos en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), bajo las condiciones de San Lucas Toliman Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 72P.
3. Oliva Pacheco, 2000. Evaluación de cinco frecuencias de riego en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) bajo las condiciones edafoclimáticas del valle de La Alameda, ICTA, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 89 p.
4. Sandoval Illescas, J.E. 1998. Principios de Riego y Drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 345 p.



3.2.6 ANEXOS

3.2.6.1 Fotografías del ensayo de riego



3.2.6.2 Croquis de la evaluación del efecto del riego.

Identificación Única	Evaluación del efecto del riego en la rentabilidad de la caña de azúcar, Finca la Cuchilla, Pantaleón. 2013/2014
	PRIMER AÑO

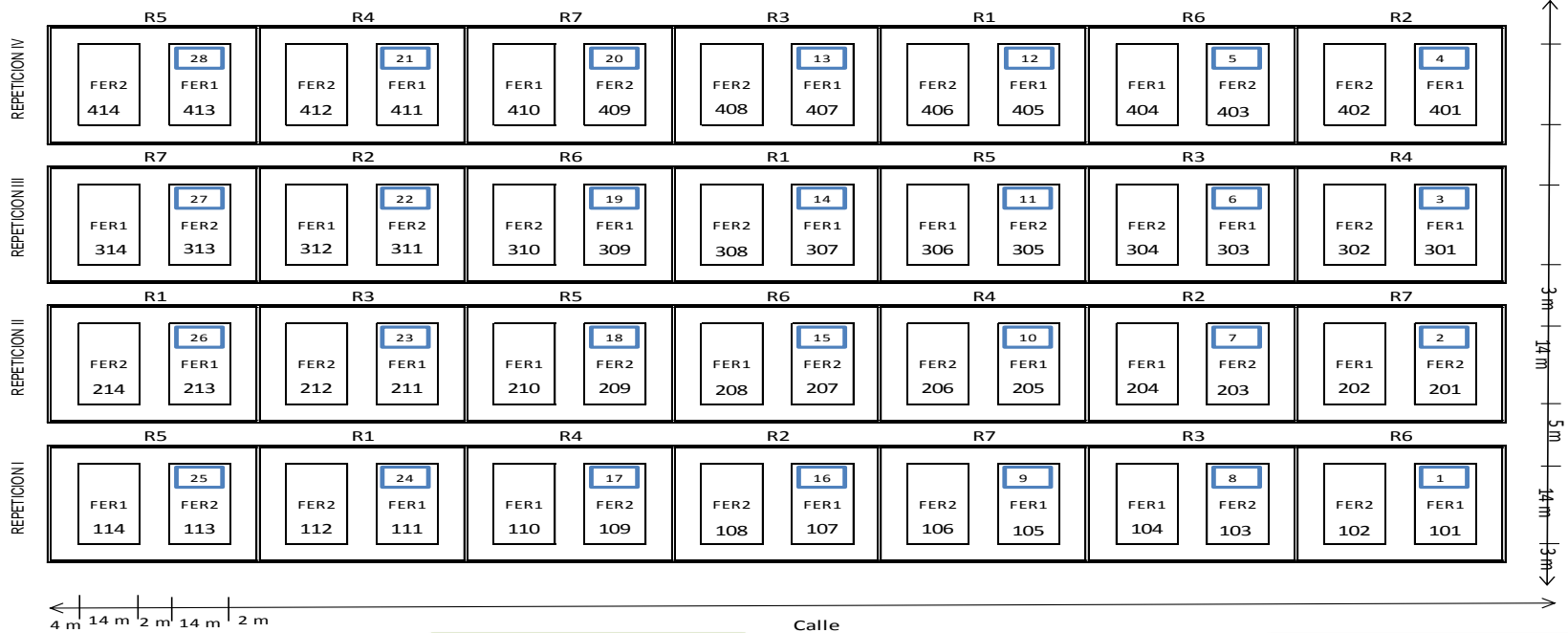
VF 005
VD 005



Evaluación del efecto del riego en la rentabilidad de la caña de azúcar.



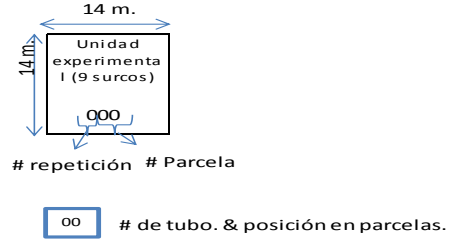
Ingenio	Pantaleón	No. De Corte	1
Finca	La cuchilla	Zafra	2013 - 2014
Lote	401	Variedad	CP 88-1165
F. C/Siembra	16/01/2013		



TRATAMIENTOS

Parcela grande - Riego	Parcela pequeña - Fertilización
R1= Riego cada 4 días, Lámina de 20 mm/riego.	Fer1 = Fertilización fraccionada
R2= Riego cada 8 días, Lámina de 40 mm/riego.	Fer2 = Fertilización convencional.
R3= Riego cada 16 días, Lámina de 80 mm/riego.	
R4= Riego variable (DPM 0.4), Lámina de riego variable.	
R5= Riego variable (DPM 0.6), Lámina de riego variable.	
R6= Riego variable (DPM 0.8), Lámina de riego variable.	
R7= Riego cada 12 días	

OBSERVACIONES



3.3 SERVICIO No. 2: EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE INVENTARIO DE ACCESORIOS UTILIZADOS PARA LOS EQUIPOS DE RIEGO POR ASPERSIÓN MÓVIL Y SEMIFIJO EN INGENIO PANTALEÓN, S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA

3.3.1 OBJETIVOS

3.3.1.1 Objetivo general:

Evaluar la cantidad de accesorios utilizados por cada equipo de riego por aspersión móvil y semifijo en las tres regiones de Ingenio Pantaleón.

3.3.1.2 Objetivos específicos:

1. Determinar la cantidad de accesorios que se encuentran en uso en fincas y los que se encuentran en bodega.
2. Detallar dentro del registro de inventario de accesorios de riegos el nivel de funcionalidad y el estado físico de cada uno de ellos.
3. Consolidar la solicitud de accesorios a comprar para la temporada de riego 14-15.

3.3.2 METODOLOGÍA

3.3.2.1 Descripción precisa de las actividades que se llevaron a cabo para la formación del inventario.

1. De una manera sistemática se reformó el inventario existente para llevar un mejor control del equipo de manera detallada.
2. Se tomó en cuenta la cantidad total actual de los equipos de riegos móviles y semifijos que permanecen en las bodegas de almacenamiento interno del ingenio Pantaleón.
3. Con el apoyo del coordinador de riegos y drenajes, se pidió nueva tubería para las zonas de las tres regiones de la empresa, esto para lograr minimizar los problemas con los equipo de aspersion; cabe mencionar que en cuanto a las motobombas hay que tener más prioridad, ya que éstas son los que succionan el agua hacia la tubería central y sin ellas no se puede operar el riego.
4. Se realizaron los inventarios por finca para cuantificar cada sistema y tener un control adecuado para minimizar los costos.
5. Se elaboró un formato por sistema donde está bien especificado el nombre correcto de cada accesorio, para luego generar orden de compra.

3.3.2.2 Inventarios de riego

Los inventarios de riego son documentos que permiten percibir y cuantificar accesorios y tubería por cada sistema de riego, otro punto importante que se logró obtener con la ayuda de estos documentos fue la descripción del material que utiliza cada sistema (ver cuadro 44).

Cuadro 44 Descripción de los sistemas de riego.

Sistema de Riego	Material tubería
Móvil mini	Aluminio
Móvil cañón	Aluminio
Xcell wobbler	Aluminio
Móvil midi	Aluminio
Semifijo mini	PVC
Semifijo cañón	PVC
Semifijo midi	PVC

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 RESULTADOS

Los inventarios de riego de toda la empresa han servido de mucha ayuda y seguirán siendo de mayor importancia para lograr llevar un control, esto permitirá tener los sistemas en un 100 % en operación, se generaron inventarios de siete sistemas de riego utilizados durante el periodo de zafra. El primer inventario realizado fue el de sistema móvil mini (ver cuadro 45, 46, 47, 48, 49, 50 y 51).

3.3.3.1 Descripción del inventario de riego móvil mini

Cuadro 45 Inventario del sistema de riego móvil mini aspersión.

Descripción	Cantidad
Aspersor plástico chamsa 3/4" o Senninger 4023	200
Codo normal de 63 mm + inversor	7
Codo reversible de 6"	1
Cruz de 6"x6"x2"x2" con dos salidas roscadas	14
Cuello de gancho de 8"	1
Estabilizador de aluminio de 60 cm para aspersor	200
Manguera o tubo de succión de 8"	1
Manómetro de 0-100 PSI senninger	1
Prolongador de aluminio de 3/4"X3/4"X0.75 cm	400
Tapón final de 6"	1
Tapón final de aluminio cobertura 63mm	7
Tee macho-hembra para aspersor de 63mmx0.70mx3/4"	200
Tee normal de 63mm+inversor	7
Tee reversible de 6"	1
Tubo de aluminio de 6"x9m	100
Tubo de aluminio de 63 mm x 6m	420
Válvula de pie de 8"	1
Válvula en línea de 6"	1

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.2 Descripción del inventario de riego móvil cañón

Cuadro 46 Inventario del sistema de riego móvil cañón.

Accesorios	Cantidad
Aspersores Komet 101 (circulo completo)	3
Aspersores Komet 101 (Parcial)	3
Codo 45° de aluminio 6" Wade Rain	2
Codo 90° de aluminio 6" Wade Rain	2
Codo operador wade rain de 4"X5"	4
Codo toma para aspersor 4" x 3" Wade Rain	6
Cruz de 6"	1
Cuello de gancho de 8"	1
Flauta de 8"x6"x6"	1
Manguera de succión de 6" (completa)	1
Manómetro de 0-100 PSI Senninger	2
Reductor de 6"x5"	2
Tapón de aluminio 5" Wade Rain	4
Tapón de aluminio 6" Wade Rain	4
Tee hidrante de 5" X 4" X 5" Wade Rain	10
Tee hidrante de 6" X 4" X 6" Wade Rain	10
Tubo de aluminio 5" Raesa	75
Tubo de aluminio 6" Raesa	75
Válvula de pie 6" para manguera	1
Válvula en línea Ammes Tinsa 6"	2

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.3 Descripción de inventario de riego xcell wobbler

Cuadro 47 Inventario del sistema de riego xcell wobbler

Descripción	Cantidad
Aspersores Wobbler xcell boquilla 10	351
Codo al normal de 6"	1
Codo al normal de 63 mm	26
Estabilizadores	351
Inversor al 63 mm	26
Prolongador para aspersor 0.70 mts	351
Reguladores 25 psi	351
Tapón al final 6"	1
Tapón al final 63 mm	13
Tee al normal 63 mm	13
Tee al reversible de 6"	1
Tee hidrante al 6"X6"X3"	14
Tee macho-hembra para aspersor, 63mm-0.70mts-3/4"	351
Tornillos para estabilizadores	702
Tubo al 6"X9mts	100
Tubos al 63 mm	390
Válvula abre hidrante 6"	14

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.4 Descripción de inventario de riego móvil midi

Cuadro 48 Inventario del sistema de riego móvil midi.

Descripción	Cantidad
Accesorios para acople de aspersores	30
Aspersor senninger 8025	30
Bipode para aspersor senninger 8025 con patas	30
Codo abre válvula tipo N 3"X3"	6
Codo normal 3"	6
Codo reversible 6"	1
Elevador de 1"X1.5mts (1.5mm espesor)	30
Estabilizador para aspersor senninger 8025	30
Prolongador 3/4"X0.70 mts	30
Regulador presión 40 PSI	30
Tapón final 3"	6
Tapón final 6"	1
Tee 3"	2
Tee reversible 6"	1
Tornillos para estabilizador	60
Tubo 3"X9mts con toma	60
Tubo 3"X9mts sin toma	138
Tubo 6" con macho reforzado	100
Válvula acople rápido	60
Válvula en línea tipo N 6"X3"	14

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.5 Descripción de inventario de riego semifijo mini.

Cuadro 49 Inventario del sistema de riego semifijo mini.

Descripción de accesorios	Cantidad
Aspersor Senninger 4023	105
Codo Al normal de 63mm	12
Curva Al de 63mm	14
Inversor de 63mm	8
Prolongador de 3/4" x 0.70m	105
Tapón final de 63mm Raesa	8
Tee Al normal de 63mm Raesa	12
Tee macho hembra de 63mm + elevador 3/4" x 0.70 m	105
Tubo de Aluminio de 63mm x 6mts Raesa	325

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.6 Descripción de inventario de riego semifijo midi.

Inventario del sistema de riego semifijo midi conformado de la siguiente manera (ver cuadro 50).

Cuadro 50 Inventario del sistema de riego semifijo midi.

Accesorios	Cantidad
Aspersor 7025 boquilla 18x 8	26
Codo móvil de 3" completo UV	4
Codo operador de 3" x 5" ammetinsa aluminio para gancho	4
Niple convertidor de 4" x 3" completo UV	4
Regulador de presión de 45 PSI	26
Tapon final de 3" (con acople macho)	4
Tee móvil de 3" completo UV	8
Tubo de 3" x 4.5mts completo UV	4
Tubos de 3" x 9mts completos UV	136

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.7 Descripción de inventario de riego semifijo cañón

Cuadro 51 Inventario del sistema de riego semifijo cañón.

Accesorios	Cantidad
Aspersor Komet 101 completo	12
Codo móvil de 4" completo UV	4
Codo operador de 6" x 5" aluminio Ammestinsa	3
Niple convertidor de 5" x 4" completo UV con acople hembra y aldaba	3
Tapon final 4" (con acople macho)	4
Tee hidrante de 4" x 4" x 4" aluminio	40
Tee móvil de 4" completa UV	4
Tubo de 4" x 9mts completo UV	300

Fuente: Elaboración propia

Internamente el servicio realizado se llegó a su totalidad a un 100% completado satisfactoriamente, quedando a un criterio evaluador por medio de etapas constructivas que se llevan en la empresa. Se detallaron a base de listados todos los accesorios y por último, el impacto que el inventario causó fue bastante multiplicador, el cual esto permitirá llevar mejor control en las fincas.

Se observó mucha motivación por parte de los operadores a cuidar dichos equipos de riego ya que todo conlleva a gastos económicos dentro de la empresa, esto permitió una conversación a detalle de cómo debe de ser el manejo y cuidado de cada equipo de riego, durante y después de la operación en campo.

3.3.4 EVALUACIÓN

1. La determinación de las cantidades de accesorios de riegos por medio de los inventarios realizados en fincas, se obtuvo que el 100% de accesorios están en las fincas, en cuanto a los que están en bodega, estos son accesorios extras que sirven para la realización de cambio por deterioro.
2. Los detalles que se realizaron en el registro a base de formatos, permitió conocer el estado de cada accesorio por equipo en cada zona, dando un 25% de accesorios en mal, un 10% de los accesorios robados y un 65% de los accesorios de riegos están en buen estado.
3. Con la apertura de códigos se logró generar las órdenes de compras para los accesorios de riegos por aspersión para la temporada 14-15.
4. El manual de accesorios de riego por aspersión permitirá que cada operador y ayudante de motobomba conozca de forma correcta el nombre que recibe cada accesorio y así facilitar para la próxima temporada la solicitud de los mismos.

3.3.5 ANEXOS

3.3.5.1 Aspersores marca Komet para sistemas móvil y semifijo cañón.



3.3.5.2 Trípode para aspersores de riego tipo cañón.



3.3.5.3 Tee Hidrante de 5" x 4" x 5" Wade Rainpara sistemas móviles.

