

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or a historical figure, surrounded by various symbols including a crown, a castle, and a lion. The Latin text "UNIVERSITAS CAROLINA ACACIENSIS" is inscribed around the top inner edge, and "S. CAROLUS" is on the left and "S. JACOBUS" on the right. At the bottom, the word "GUATEMALENSIS" is visible.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN CON ÉNFASIS EN LA  
EVALUACIÓN DE OPCIONES QUÍMICAS PARA EL CONTROL  
DE CAMINADORA (*Rottboellia cochinchinensis*), REALIZADO  
EN EL DEPARTAMENTO DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN,  
INGENIO LA UNIÓN S.A., SANTA LUCÍA COTZ., ESCUINTLA.**

JUAN RENÉ SANTIZO RUANO

GUATEMALA, OCTUBRE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN:**  
**REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO**  
**DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN,**  
**INGENIO LA UNIÓN S.A., SANTA LUCÍA COTZ., ESCUINTLA.**

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

**POR:**  
**JUAN RENÉ SANTIZO RUANO**  
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

**Guatemala, Octubre 2010**

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

**RECTOR**

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	Ing. Agr. MSc.	Francisco Javier Vásquez Vásquez
<b>VOCAL I</b>	Ing. Agr.	Waldemar Nufio Reyes
<b>VOCAL II</b>	Ing. Agr.	Walter Arnoldo Reyes Sanabria
<b>VOCAL III</b>	Ing. Agr. MSc.	Danilo Ernesto Dardón Ávila
<b>VOCAL IV</b>	P. Forestal	Axel Esaú Cuma
<b>VOCAL V</b>	P. Contador	Carlos Alberto Monterroso Gonzáles
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Agr. MSc.	Edwin Enrique Cano Morales

**Guatemala, Octubre 2010**

Guatemala, 22 de octubre de 2010

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 realizado en el Departamento de Malezas y Fertilización, Ingenio La Unión, S.A., como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**JUAN RENÉ SANTIZO RUANO**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS:**

Padre todopoderoso, dueño de mí ser, por guiarme y brindarme el privilegio de vivir superando cada obstáculo que se me ha presentado en el camino, dándome las fuerzas necesarias para alcanzar mis metas, a ti sea la gloria de mis obras y mis pensamientos en cada momento.

**MIS PADRES:**

Rene Santizo Morales y Casimira Ruano de Santizo en agradecimiento por sus grandes esfuerzos brindados en todos estos años, gracias por el ejemplo de vida que me han dado y por toda la paciencia, cariño y el apoyo incondicional.

**MIS HERMANOS:**

Douglas, Dania, y Yerlin Santizo Ruano con todo cariño por estar conmigo en todo momento de mi vida.

**MIS SOBRINOS:**

Angie y Jeremy Santizo Ortega, Keven Hernandez Santizo, Brandon Santos Santizo, porque desde el momento de sus nacimientos han llenado mi vida de travesuras y alegrías.

**MIS TIOS:**

Dora Aide Aviles, Sergio Godoy y familia, por prestarme su casa, brindarme su apoyo y cariño incondicional en todo momento durante mi estancia en la Universidad.

## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

**A:**

- Guatemala, hermoso país que me vio nacer, país de la eterna primavera y de la eterna esperanza de ir a un mundial de fútbol y de un futuro mejor.
- Universidad San Carlos de Guatemala, centro de estudios distinguido que me dio la oportunidad de una formación académica de alta calidad, y permitirme conocer a buenos compañeros y amigos.
- Facultad de Agronomía Unidad académica que me permitió formarme y experimentar todo lo necesario para el buen desarrollo profesional de la carrera.
- Mis padres, por mostrarme el cariño y apoyo durante el transcurso de la carrera y quienes confiaron en mí.
- Mis familiares quienes me brindaron esa motivación necesaria para salir adelante en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**Dios:**

Por darme la vida y sabiduría para culminar esta nueva etapa de mi vida.

**Ing. Agr.:**

Juan Carlos Toledo por su confianza, enseñanza y apoyo profesional.

Roberto De León por su aporte técnico en mi vida profesional.

Miguel Maldonado y Jorge Sandoval por su ejemplo profesional y por permitir mi desenvolvimiento en la agroindustria azucarera.

Víctor Azañón, Cristian García, Víctor Hugo Motta y Enrique Andrés por sus aportes para enriquecer el documento.

**Mi Supervisor:**

Ing. Fredy Hernández Ola, por el asesoramiento brindado en el transcurso del EPS y la realización del presente trabajo de graduación.

**Mi asesor:**

Manuel Martínez, por el asesoramiento brindado para la planificación, ejecución y elaboración del informe final de investigación.

**Empresa:**

Ingenio La Unión, gracias por darme la oportunidad y el espacio para realizar el EPS.

Bayer S.A., por permitirme crecer profesionalmente.

**Amigos de la Universidad:**

Pablo Paz (Neto), César Aníbal Tzunux (Chombo), Carlos Martínez (Chilo), Mauricio Warren (Fiera), Jorge Sandoval (Oso de Peluche), Alfredo Arias (Yeyo), Joaquin Peralta

(Negro por Gusto), Kevin Rivera (Capu), Irelida Ayala (Chapulín Colorado), Mónica Ebert (La Guereja), Carlos Franco (Sargento), Víctor Tahuico (Tahueco), Mauricio Guzmán (Lagarto), Walfred Herrera (Mozote), Elmer Alvarez (mashi), Nery Guzmán (Pepe Trueno), Hugo Molina (Jimmy Neutron), Pablo Morales (Velorio), Eduardo Pinto (Pinturas), Justo Pérez (Chimonaso), Mario Grijalva (Pasaco), Jorge Rossil (Catocha), Manuel Mazariegos (Chorro de Humo), Jorge Calderon (Lagarto), Estuardo Pellecer (Chino), Carlos Dávila (Elena) Jose Olmedo (Gato), Douglas Magarin, Ignacio Flores (Nacho), Julio Mora (Coches), Jacques Herrarte (Pincel Dos), Carlos Aguirre (Catrin), Gabriela Ortiz (Gaby), Geissler Amilcar (Fish), Ruben Alejandro (Coches), José Carlo Sanabria (San Ebrio), Carlos Walberto Ramos (Pingo), Jose Castellanos (Chintio de las compus), Omar Ramírez (Gato), Christopher Ardon (Mico), Braulio Villatoro, Jorge Pérez (Baldo), José Cabrera (Cheploc) y Maria José Labin (Muti), Erick Solórzano (Chino), Fabricio Alvarado (Chompi) y Joel Morales (Kunfu Panda) como recuerdo de las experiencias vividas y compartidas durante todos estos años, les agradezco por todos esos momentos que convirtieron la universidad en la mejor etapa de mi vida.

**Excompañeros:**

Gerardo Molina (Lambrija), Allan Figueroa (Tunco), Otto Moscoso, Manuel Sagastume (Brócoli) y Roberto Chea (Carroñero), Francisco Gálvez (Seco), Jonathan Polanco (Sapito), gracias por los primeros años compartidos en la universidad.

**Mis Amigos:**

Manolo Padilla, Erick Daniel Velásquez (Q.E.P.D.), Elmer Alexander Velásquez y Alex Dieguez, por ser mi válvula de escape semanal en mi etapa universitaria.

**Mi novia:**

Roxana Valdizon Estrada por su amor y cariño, sobre todo por el apoyo recibido en mi etapa de pre – graduación.

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
INDICE GENERAL	i
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	xi
1 CAPITULO I .....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Departamento de Investigación Agrícola .....	5
1.2.2 Departamento de Ingeniera Agrícola .....	5
1.2.3 Departamento de Plagas y Enfermedades .....	6
1.2.4 Departamento de Malezas y Fertilización .....	7
1.2.4.A Control Manual .....	7
1.2.4.B Control Mecánico .....	7
1.2.4.C Control Químico .....	8
1.2.5 Localización .....	8
1.2.6 Estratos Altitudinales .....	9
1.2.7 Aspectos Climáticos.....	10
1.2.8 Suelo.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	11
1.4 METODOLOGÍA .....	12
1.4.1 Delimitación del Área de Estudio .....	12
1.4.2 Recopilación de Información Primaria .....	12
1.4.3 Recopilación de Información Secundaria.....	13
1.4.4 Matriz de Priorización de Problemas .....	13
1.4.5 Ubicación y Evaluación del Equipo de Aplicación.....	13
1.4.6 Análisis de la Información .....	13

1.5	RESULTADOS.....	15
1.5.1	Estructura Organizacional.....	15
1.5.2	Situación Actual .....	16
1.5.3	Tanques de Agroquímicos .....	18
1.5.4	Usos y Aplicaciones:.....	19
1.5.5	Desperfectos.....	19
1.6	CONCLUSIONES .....	24
1.7	RECOMENDACIONES .....	25
1.8	BIBLIOGRAFÍA .....	26
2	CAPITULO II .....	27
2.1	PRESENTACIÓN.....	28
2.2	MARCO CONCEPTUAL .....	29
2.2.1	Generalidades de las malezas.....	29
2.2.2	Características generales de la caminadora.....	31
2.2.2.A	Distribución e importancia .....	31
2.2.2.B	Descripción botánica .....	32
2.2.2.C	Estrategias de manejo.....	33
2.2.3	Herbicidas a evaluar .....	34
2.2.3.A	Glufosinato de amonio (Finale 15 SL) .....	34
2.2.3.B	Paraquat (Rafaga 20 SL) .....	35
2.2.3.C	Metanoarsonato monosódico (MSMA) .....	36
2.2.3.D	Ametrina (Gesapax 50 SC) .....	37
2.2.3.E	Terbutrina (Igran 50 SC) .....	37
2.2.3.F	2,4-D Fenoxi (Tótem 72 SL).....	37
2.2.4	Aditivo .....	38
2.2.4.A	Agrotin .....	38
2.3	HIPOTESIS.....	39
2.4	OBJETIVOS.....	39
2.4.1	General .....	39
2.4.2	Específicos.....	39
2.5	METODOLOGÍA .....	40

2.5.1	Descripción y dosis de herbicidas.....	40
2.5.2	Diseño experimental .....	40
2.5.3	Tamaño de la unidad experimental.....	41
2.5.4	Delimitación de parcelas (Estaquillado).....	42
2.5.5	Equipo de aplicación.....	42
2.5.6	Calibración .....	43
2.5.7	Variables de respuesta .....	44
2.5.7.A	Porcentaje de control .....	44
2.5.7.B	Crecimiento del cultivo .....	45
2.5.7.B.a	Fitotoxicidad .....	45
2.5.7.B.b	Largo de entrenudos .....	46
2.5.7.C	Días control .....	46
2.5.8	Análisis de la información .....	47
2.5.8.A	Análisis estadístico.....	47
2.5.8.B	Análisis económico.....	47
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	48
2.6.1	Porcentaje de control (PC).....	48
2.6.2	Fitotoxicidad.....	49
2.6.3	Altura de plantas .....	51
2.6.4	Largo de entrenudos.....	53
2.6.5	Días control.....	54
2.7	CONCLUSIONES .....	57
2.8	RECOMENDACIONES.....	58
2.9	BIBLIOGRAFÍA .....	59
2.10	ANEXOS .....	61
3	CAPITULO III .....	66
3.1	PRESENTACIÓN.....	67
3.2	Servicio No. 1: EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE PENDIMENTALINA PARA EL CONTROL DE CAMINADORA <i>Rottboellia</i> <i>cochinchinensis</i> , FINCA JABALÍ III, INGENIO LA UNIÓN.....	69
3.2.1	MARCO CONCEPTUAL.....	69

3.2.1.A	Rottboellia cochinchinensis L. (Caminadora)	69
3.2.1.B	Control de malezas	69
3.2.1.C	Control químico	70
3.2.1.C.a	Herbicidas de contacto	71
3.2.1.C.b	Herbicidas de traslocación o sistémicos	71
3.2.1.C.c	Herbicidas Preemergentes (suelo-activos)	71
3.2.2	HIPOTESIS	75
3.2.3	OBJETIVOS	75
3.2.3.A	General	75
3.2.3.B	Específicos	75
3.2.4	METODOLOGÍA	76
3.2.4.A	Descripción y Dosis de Herbicidas	76
3.2.4.B	Diseño Experimental	76
3.2.4.C	Tamaño de la Unidad Experimental	77
3.2.4.D	Delimitación de Parcelas (Estaquillado)	78
3.2.4.E	Equipo de Aplicación	78
3.2.4.F	Calibración	78
3.2.4.G	Variables de Respuesta	79
3.2.4.G.a	Porcentaje De Control (PC)	79
3.2.4.G.b	Días Control	80
3.2.4.H	Análisis de la Información	80
3.2.4.H.a	Análisis Estadístico	80
3.2.4.H.b	Análisis Económico	80
3.2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
3.2.5.A	Porcentaje De Control	81
3.2.5.B	Días Control	82
3.2.6	CONCLUSIONES	84
3.2.7	RECOMENDACIONES	85
3.2.8	BIBLIOGRAFÍA	86
3.3	Servicio No. 2: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SUBSOLAR EN EL GRADO DE COMPACTACIÓN DEL SUELO, EN EL CULTIVO DE CAÑA DE	

AZÚCAR <i>Saccharum officinarum</i> (SOCA), EN ÁREAS DE INGENIO LA UNIÓN, ZAFRA 2,007-08.....	87
3.3.1 MARCO TEÓRICO .....	87
3.3.1.A Suelo y subsuelo .....	87
3.3.1.B Generalidades de la compactación del suelo .....	87
3.3.1.C Efectos de la compactación del suelo .....	88
3.3.1.D Aireación del suelo .....	89
3.3.1.E Importancia de la Compactación del Suelo .....	90
3.3.1.F Como Corregir los Problemas de Compactación .....	91
3.3.1.G Identificación del problema.....	92
3.3.1.G.a Descompactación del suelo.....	92
3.3.1.G.b Beneficios del Subsulado .....	93
3.3.1.H Subsuelo Cenitandem .....	93
3.3.1.I Medidor digital de compactación del suelo (Penetrómetro).....	94
3.3.2 HIPOTESIS.....	96
3.3.3 OBJETIVOS.....	96
3.3.3.A General .....	96
3.3.3.B Específico.....	96
3.3.4 METODOLOGÍA .....	97
3.3.4.A Descripción de Tratamientos.....	97
3.3.4.B Diseño Experimental .....	97
3.3.4.C Tamaño de la Unidad Experimental .....	97
3.3.4.D Equipo .....	98
3.3.4.E Variable de Respuesta .....	98
3.3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	99
3.3.6 CONCLUSIONES .....	102
3.3.7 RECOMENDACIONES.....	103
3.3.8 BIBLIOGRAFÍA.....	104

## INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
.....	
<b>Figura 1:</b> Organigrama de Campo del Ingenio La Unión dividido en superintendencia, zonas de producción y administraciones. ....	4
<b>Figura 2:</b> Mapa de vías de acceso para el lote 7-17, ubicado en Finca Cristóbal I. ....	9
<b>Figura 3:</b> Organigrama del Departamento De Malezas y Fertilización .....	15
<b>Figura 4:</b> Vista de tanque agroquímico acoplado a un tractor. ....	19
<b>Figura 5:</b> Manguera de la bomba de agitación. ....	19
<b>Figura 6:</b> Corrosión en los tanques de agroquímicos. ....	20
<b>Figura 7:</b> Manguera de succión. ....	21
<b>Figura 8:</b> Mangueras de succión y corrosión en el tanque de agroquímicos. ....	22
<b>Figura 9:</b> Llave de llenado. ....	22
<b>Figura 10:</b> Fuga en la llave de paso y en la tubería de la bomba de llenado .....	23
<b>Figura 12:</b> Descripción gráfica de la distribución de los diferentes tratamientos que conforman el bloque I. ....	42
<b>Figura 13:</b> Porcentaje de control (PC) de cada tratamiento, sobre la caminadora ( <i>R. cochinchinensis</i> ) en la semana dos, cuatro y seis. ....	49
<b>Figura 14:</b> Porcentaje de fitotoxicidad de cada tratamiento sobre la caña de azúcar ( <i>S. officinarum</i> ) a las dos, cuatro y seis semanas después de la aplicación. ....	51
<b>Figura 15:</b> Altura de plantas (cms) a las dos, cuatro y seis semanas dda, que refleja los efectos fitotoxicos de algunos herbicidas sobre el cultivo. ....	52
<b>Figura 16:</b> Largo de entrenudos promedio (cms), a las dos, cuatro y seis semanas después de aplicado (DDA). ....	54
<b>Figura 17:</b> Costos de cada tratamiento al iniciar la investigación y los costos días control (Q), al finalizar los días control. ....	56
Mapa de la finca Cristóbal I & II perteneciente al Ingenio La Unión .....	61
<b>Figura 18A:</b> Finca Cristóbal I & II, Ingenio La Unión. ....	61
Croquis de campo que muestra la parcela bruta, la cual estuvo formada de 6 surcos con una longitud de 25 mts cada uno con una distancia entre surcos de 1.5	

mts, con un área de 225 mts <sup>2</sup> . La parcela neta estuvo formada de 4 surcos al centro con un surco de borde en cada extremo, conformada por un área de 150 mts <sup>2</sup> .....	62
<b>Figura 19A:</b> Croquis de campo (parcela bruta y neta).....	62
Croquis de campo de cada tratamiento.....	63
<b>Figura 20A:</b> Croquis de cada tratamiento del ensayo de campo.....	63
Croquis de campo que muestra la aleatorización de los tratamientos dentro de cada uno de los cuatro bloques.....	64
<b>Figura 21A:</b> Croquis de campo.....	64
<b>Figura 23:</b> Descripción gráfica de la distribución de los diferentes tratamientos que conforman el bloque I.....	77
<b>Figura 24:</b> Porcentaje de control presentados con las diferentes dosis de pendimetalina.....	82
<b>Figura 25:</b> Gráfica donde se presentan los costos de cada tratamiento.....	83
<b>Figura 26:</b> Subsolador Cenitandem.....	93
<b>Figura 27:</b> Medidor digital de compactación del suelo y forma de utilizarlo en el campo.....	94
<b>Figura 28:</b> Gráfica en donde se presentan los valores de compactación en PSI – IN.....	100
<b>Figura 29:</b> Gráfica donde se ve el grado de compactación y el efecto de subsolar.....	101

## INDICE DE CUADROS

CONTENIDO .....	PÁGINA
<b>Cuadro 1:</b> Área con riego en el año 2006-2007.....	5
<b>Cuadro 2:</b> Descripción de aspectos generales de los estratos altitudinales en donde se ubican las diferentes fincas, en las cuales el departamento de malezas y fertilización realiza sus labores diarias. ....	10
<b>Cuadro 3:</b> Descripción del número de tractores y actividades que realizan con la diferente maquinaria e implementos distribuidos por el departamento de control de malezas y fertilización. ....	17
<b>Cuadro 4:</b> Tanques agroquímicos con los que cuenta el ingenio, así como las diferentes fincas en donde están ubicados. ....	18
<b>Cuadro 5:</b> Tratamientos donde se detalla el nombre común, nombre comercial y dosis de los productos utilizados en la investigación. ....	40
<b>Cuadro 6:</b> Escala de clasificación lineal con intervalos constantes de 0 -100, para estimar la cobertura de caminadora ( <i>R. cochinchinensis</i> ) en el área de la investigación, para posteriormente calcular el porcentaje de control (PC).....	44
<b>Cuadro 7:</b> Escala del nivel de daño fitotóxico causado por los diferentes tratamientos evaluados para el control de la caminadora ( <i>Rottboellia cochinchinensis</i> ) en caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ).....	46
<b>Cuadro 8:</b> Prueba de medias en la semana seis y valores promedio del porcentaje de control de la caminadora ( <i>R. cochinchinensis</i> ) a las dos, cuatro y seis semanas después de la aplicación (DDA). ....	48
<b>Cuadro 9:</b> Prueba de medias en la semana seis y porcentaje de fitotoxicidad promedio en el cultivo a las dos, cuatro y seis semanas después de la aplicación (DDA). ....	50
<b>Cuadro 10:</b> Altura promedio expresada en cms de plantas de caña de azúcar ( <i>S. officinarum</i> ), a las dos, cuatro y seis semanas después de aplicado.....	52
<b>Cuadro 11:</b> Largo de entrenudos promedio (cms) de la caña de azúcar ( <i>S. officinarum</i> ), a las dos, cuatro y seis semanas después de aplicado (DDA).....	53

<b>Cuadro 12:</b> Días control y costo de cada tratamiento, en donde se calculo el costo en quetzales de los días control.....	55
Análisis de varianza (ANDEVA) de los diferentes tratamientos.....	65
<b>Cuadro 22A:</b> Análisis de varianza (ANDEVA) para cada .....	65
<b>Cuadro 14:</b> Tratamientos donde se detalla el nombre comercial y dosis de los productos utilizados en la evaluación del herbicida preemergente Prowl H <sub>2</sub> O (pendimentalina).....	76
<b>Cuadro 15:</b> Descripción de tratamientos con su respectivo porcentaje de control (PC).....	81
<b>Cuadro 16:</b> Cuadro de tratamientos donde se muestran los costos.....	82
<b>Cuadro 17:</b> Muestra los tratamientos en las dos fincas donde se evaluó el efecto de subsolar en el suelo. ....	97
<b>Cuadro 18:</b> Valores promedio del efecto de subsolar en un suelo arcilloso de Finca Mangales Mapán. ....	99
<b>Cuadro 19:</b> Valores promedio efecto al subsolar en un suelo arcilloso en Finca Peralta.....	100

**TRABAJO DE GRADUACIÓN CON ENFASIS EN LA EVALUACIÓN DE OPCIONES QUÍMICAS PARA EL CONTROL DE CAMINADORA (*Rottboellia cochinchinensis*), REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN, INGENIO LA UNIÓN S.A., SANTA LUCÍA COTZ., ESCUINTLA (FEBRERO – NOVIEMBRE 07).**

**RESUMEN**

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se cultiva en el Ingenio La Unión en diferentes ambientes; desde zonas con una alta precipitación pluvial de 5,020 mm/año, hasta zonas con baja precipitación alrededor de 1,466 mm, los suelos son variables desde arenosos hasta arcillosos, la altitud puede variar desde alturas menores a 40 msnm hasta 960 msnm, por lo cual se identifica como un cultivo de alta adaptabilidad y de gran importancia económica. Estas condiciones también son favorables para el agresivo crecimiento de las plantas indeseables que pueden afectar al cultivo, en toda la zona cañera de la costa sur en cualquier época del año, la temperatura y la luminosidad son óptimas para que exista competencia entre el cultivo y las malas hierbas.

Para realizar un control adecuado de malezas es necesario tener el equipo y maquinaria agrícola en óptimas condiciones, así como la disponibilidad de los diferentes productos agrícolas necesarios para el buen manejo de malezas, durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se realizó un diagnóstico de la estructura organizacional, situación actual y del equipo de almacenamiento y transporte de agua, tanques agroquímicos del departamento de malezas y fertilización, en el cual se determinó que el departamento se encarga de planificar, coordinar y establecer los programas de renovación, aplicación de herbicidas y fertilización, así como evalúa productos para encontrar nuevas o mejores alternativas para el control de malezas y fertilización.

Entre los desperfectos encontrados en el equipo de almacenamiento y transporte de agua, están las abrazaderas en mal estado, excesiva corrosión en los tanques, mangueras de succión fabricadas con material inadecuado en las bombas de llenado, fugas en las llaves de llenado, en las llaves de paso y en la tubería de la bomba de llenado, por lo que concluimos que la condición de los tanques agroquímicos no es la más adecuada por lo que se debe de realizarles un mantenimiento más frecuente y detallado.

Entre los principales problemas encontrados al realizar el diagnóstico esta la alta presión de la maleza Caminadora (*R. cochinchinensis*) en algunas zonas del ingenio especialmente en áreas sin riego y con suelo arcilloso, por lo que se realizó la investigación de opciones químicas para el control de esta maleza en Caña de Azúcar (*S. officinarum*), en áreas sin riego, evaluando herbicidas que se pueden utilizar en verano sin tener en el suelo humedad a capacidad de campo. Entre las variables que se evaluaron está el porcentaje de control (PC) y de esta se calcularon los días control, observándose diferencias significativas entre los diferentes tratamientos por lo que se realizó una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) en la cual se encontraron dos tratamientos muy efectivos, MSMA + Tótem 72 SL (1.0 + 1.14 lt/ha) y Finale 15 SL + Gesapax 50 SC (0.75 + 1.0 lt/ha), debido a que presentaron un mayor porcentaje de control (> 80 %) y mayor días control 40 y 42 días respectivamente, así como un menor costo días control.

Durante el EPS se realizaron otras investigaciones y estudios los cuales se incluyeron en el informe de servicios, se realizó una evaluación de diferentes dosis de pendimetalina para el control de caminadora (*R. cochinchinensis*) en finca Jabalí III, la cuál cuenta con suelos arcillosos, en este tipo de suelo el manejo de esta maleza es más complicada debido a la agresividad de esta maleza y a que las partículas de este suelo retienen una gran cantidad del producto, por lo que fue necesario determinar un rango de dosis de pendimetalina que proporcione una efectividad biológica aceptable que se adapte a este tipo de suelo. El rango de dosis adecuada para obtener un control aceptable (> 66 %) fue de 6.0 a 8.0 lts/ha de pendimetalina, en cuanto a costos la dosis de 6.0 lt/ha fue la que presentó un menor costo de mezcla (Q 518.48) y un costo menor por día control (Q 4.11).

Se realizó una investigación con dos ensayos evaluando el efecto de subsolar en el grado de compactación del suelo, en un suelo arcilloso en el cultivo de caña de azúcar *S. officinarum* (Soca). Después del paso del subsolador el grado de compactación en ambos ensayos disminuyó significativamente porque en las primeras pulgadas del suelo, los valores de resistencia a la penetración están en un rango bajo de compactación 25,193.79 a 31,937.22 kg/m<sup>2</sup> (35.75 a 45.37 lbs/plg<sup>2</sup>).



**CAPITULO I**

**DIAGNÓSTICO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL, SITUACIÓN ACTUAL Y  
DEL EQUIPO DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE AGUA,  
TANQUES DE AGROQUÍMICOS,  
DEPARTAMENTO DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN,  
INGENIO LA UNIÓN S.A. (Febrero 2007).**

## 1.1 PRESENTACIÓN

El diagnostico es una herramienta que nos permitió estudiar el departamento de malezas y fertilización por medio de una revisión metódica de las zonas de producción que comprenden la empresa, su entorno, recursos, objetivos y estrategias, estructura financiera, productiva y comercial, teniendo especial interés en los aspectos que más incidan en la rentabilidad de la empresa.

El diagnostico se elaboro con el objetivo de planificar las actividades que se realizarían para obtener información primaria y secundaria para poder diagnosticar y así determinar la situación actual del departamento de malezas y fertilización del Ingenio La Unión S.A., la cual es la empresa en donde se realizo el diagnostico con el fin de identificar y priorizar los problemas, los cuales se buscaran resolver.

Ingenio La Unión es una corporación agroindustrial que se dedica a la producción y exportación de azúcar de alta calidad, el diagnostico que se realizo en la empresa permitió visualizar la estructura actual de la misma, así como reconocer el área de trabajo.

En el siguiente documento se presenta el diagnostico realizado a los tanques de agroquímicos utilizados en las áreas de producción, bajo el control del departamento de malezas y fertilización ubicado en el Ingenio La Unión. Los tanques de agroquímicos presentan desperfectos principalmente en las mangueras, tuberías y en las llaves de llenado y de paso del sistema, además presentan alto grado de corrosión, estos desperfectos afectan las actividades agrícolas diarias ocasionando la degradación de estructuras y sistemas, perdidas de producto (agua ó agua + herbicida), paros del servicio, contaminación de las mezclas de herbicidas y sobre todo eleva los costos de reparación y de producción.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

El Ingenio La Unión es una empresa agroindustrial que produce y comercializa caña, azúcar y electricidad, cumpliendo las más exigentes normas de calidad para satisfacer la alta demanda de los productos sometiendo a la mejora continua de los procesos agrícolas e industriales.

Para cumplir las más altas normas de calidad y así satisfacer la demanda, la empresa está constituida por la división agrícola, subdividida en áreas de campo para el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*), la operación de cosecha, alce y transporte.

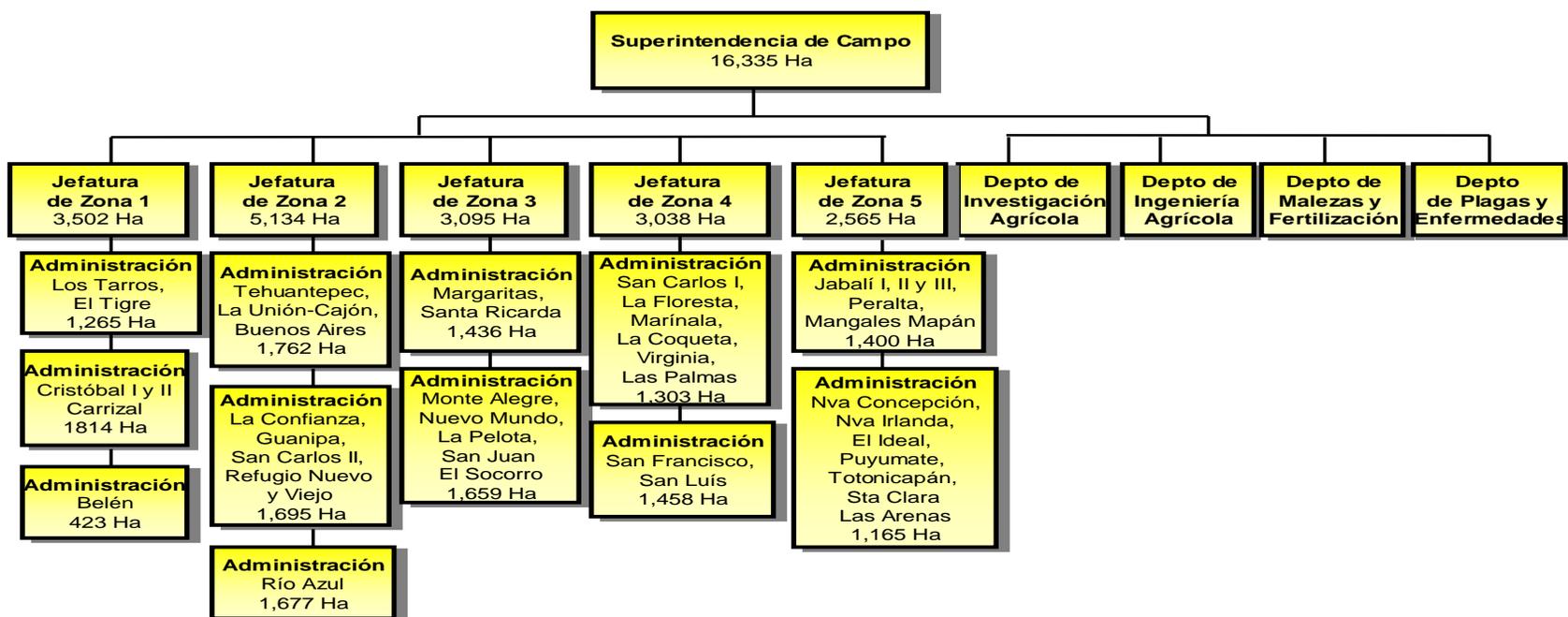
En la actualidad la empresa desarrolla algunos proyectos muy ambiciosos en la agroindustria como lo son las lagunas de sedimentación para implementarlo como un método de conservación del medio ambiente y la incorporación de la cachaza como fertilizante orgánico al suelo con lo cual estaría aprovechando todos los subproductos procedentes de la agroindustria azucarera (Ingenio La Unión, S.A. 2007).

La superintendencia de campo es la que se encarga de todo el manejo del cultivo hasta la producción del mismo, está constituida por cuarenta y una fincas, cinco jefaturas de las zonas de producción donde se agrupan todas las fincas, administradores que tienen a su cargo varias fincas en una zona específica para suministrar de caña de azúcar a los Ingenios La Unión-Los Tarros y finalmente está constituida por cuatro departamentos los cuales son:

- Departamento de investigación agrícola
- Departamento de ingeniería agrícola
- Departamento de control de malezas y fertilización
- Y el departamento de plagas y enfermedades

Cada uno de los jefes de departamento se encarga de planificar, coordinar y calendarizar conjuntamente con los jefes de zona y administradores las actividades que se deben de realizar en las diferentes fincas de las cinco jefaturas de zona.

La figura 1 muestra, el organigrama que detalla el área total de la empresa desde la superintendencia de campo, las cinco zonas de producción con sus respectivas fincas y administraciones, así como el área total de cada zona y



Fuente: Superintendencia de Campo, Ingenio La Unión S.A.

**Figura 1:** Organigrama de Campo del Ingenio La Unión dividido en superintendencia, zonas de producción y administraciones.

### 1.2.1 Departamento de Investigación Agrícola

El trabajo realizado por este departamento es obtenido con el apoyo del equipo de la gerencia agrícola, otros departamentos, jefes de zona, administradores y personal de campo de forma directa e indirecta, este departamento es el que se encarga de realizar investigaciones específicamente evaluaciones de variedades, maduración artificial de la caña de azúcar, calidad de semilla de diferentes variedades, ensayos de subsuelo y evaluaciones de nuevas opciones de fertilización (Ingenio La Unión, S.A. 2007).

### 1.2.2 Departamento de Ingeniería Agrícola

Este departamento se encarga de coordinar y apoyar en las actividades de mecanización agrícola, riego, levantamiento topográfico y protección del área de producción realizando los diseños de bordas, además de organizar la distribución del equipo de riego y de mecanización. Además diseña, prepara y establece el terreno de nuevas áreas de producción y de áreas de renovación, las cuales son aquellas donde el cultivo ha estado alrededor de 5 años (Squit, V. 2007)

En el presente año el departamento se encargara del riego de 10,120 hectáreas de las 17,335 administradas por la empresa. En el cuadro 1, se muestra los diferentes métodos de riego utilizados y el área regada por cada uno de los métodos de riego.

**Cuadro 1:** Área con riego en el año 2006-2007.

<b>MÉTODO DE RIEGO</b>	<b>ÁREA BAJO RIEGO (Ha)</b>
Gravedad	939
Bombeo Gravedad	2,093
Aspersión (Poza o Río)	6,034
Pivote Central Fijo	316
Pivote Central Móvil	738
Área Total Con Riego	10,120

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio La Unión S.A.

Según Squit para el año 2007-2008 la empresa esta adquiriendo nuevas fincas, pero no tienen planeado incrementar el área bajo riego debido a que los costos se incrementan notablemente al invertir en equipo de riego.

### **1.2.3 Departamento de Plagas y Enfermedades**

Este departamento realiza el control de las plagas de forma biológica, especialmente en el control del barrenador del tallo (*Diatraea sp*) para el cual utilizan el virus de la polidrosis nuclear (VPN Ultra 1.6 WP) y parasitoides de las especies (*Trichogramma exiguum*, *T. atopovirilia*, *Paratheresia claripalpis*, *Cotesia flavipes* y *Lidella minense*), además de utilizar hongos entomopatogenos como (*Metharizium anisoplae*) para el control de plagas del suelo especialmente para el control de la chinche salivosa (*Aeneolamia Sp*), solo para el control de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*) se utiliza el producto químico cebo L.U. fabricado por la misma empresa, además de realizar un control cultural, físico y biológico (Motta, VH. 2007).

En cuanto al control de enfermedades el departamento tiene una metodología para prevenir o evitar que la incidencia de la enfermedad afecte significativamente al cultivo, ya que realizan tratamientos hidrotermicos en los esquejes y realizan un control varietal lo cual permite seleccionar semilla (esquejes) de alta calidad que no este afectada por plagas y/o enfermedades.

Según Motta el departamento se encarga de dar asesoria y de distribuir los insumos necesarios para el control de plagas y enfermedades ya que cuenta con tres laboratorios en donde producen parasitoides, hongos entomopatogenos y virus de la polidrosis nuclear (VPN), además realiza evaluaciones ó trabajos de investigación para encontrar nuevas alternativas para llevar a cabo un buen control de forma racional bajo el concepto del manejo integrado de plagas (MIP).

#### **1.2.4 Departamento de Malezas y Fertilización**

Este departamento se encarga de realizar investigaciones para evaluar nuevos productos o para encontrar mejores alternativas en el control de malezas y fertilización ya que se buscan productos de mayor eficiencia y que reduzcan costos de producción.

Se encarga de planificar, coordinar y velar porque se realicen las actividades de aplicación de herbicidas y fertilizantes, además de llevar un control en la distribución de productos tales como herbicidas y fertilizantes, también distribuye tractores para labores diarias y labores de cultivo y fertilización e implementos como rastras cultivadoras, equipo para aplicación de herbicidas (bombas manuales y aspersores de aguilonos) y fertilizadoras.

Las principales malezas que se encuentran en las áreas de producción del Ingenio La Unión son la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), coyolillo (*Cyperus rotundus*), bermuda (*Cynodon dactylon*) y pasto Johnson (*Sorghum halepense*).

El control de malezas en la caña de azúcar (*Saccharum spp*) se realiza de manera manual (limpias y arranques), mecanizada y química tratando de que el control sea lo mas económico posible sin dejar de ser efectivo (Muñoz, A. 2007).

##### **1.2.4.A Control Manual**

Consiste en eliminar las malezas arrancándolas con la mano y sacándolas del área de cultivo, posteriormente incinerándolas para evitar la diseminación de semillas, esta práctica se realiza principalmente con la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*); o con machete cortando a ras del suelo en los canales de conducción del agua.

##### **1.2.4.B Control Mecánico**

Se realiza utilizando tractores con potencia de 105 hp, con una rastra de 4 secciones con 4 discos de 24 plgs, la velocidad de operación se mantiene entre 8 a 11 Kms/hr la cual estará relacionada con la altura del cultivo y las condiciones del suelo, además se utiliza la cultivadora el cual es un implemento agrícola utilizado conjuntamente con la fertilizadora para llevar a cabo el arranque mecánico de la maleza y el abonado del cultivo al mismo tiempo.

#### **1.2.4.C Control Químico**

Se realiza en preemergencia y/o postemergencia de la maleza, utilizando algunos ingredientes activos siendo los mas importantes; la ametrina, terbutrina, diuron, hexazinona, acetoclor, pendimentalina (Muñoz, A. 2007).

Las aplicaciones de herbicidas se realizan de forma manual y mecánica, a continuación se hace una breve descripción.

En la aplicación Manual, se utilizan mochilas hidroneumáticas con grupos de 10 personas, con una eficiencia de 1.5 a 2.0 Has/día, el volumen de aplicación de 160 a 200 lts/Ha.

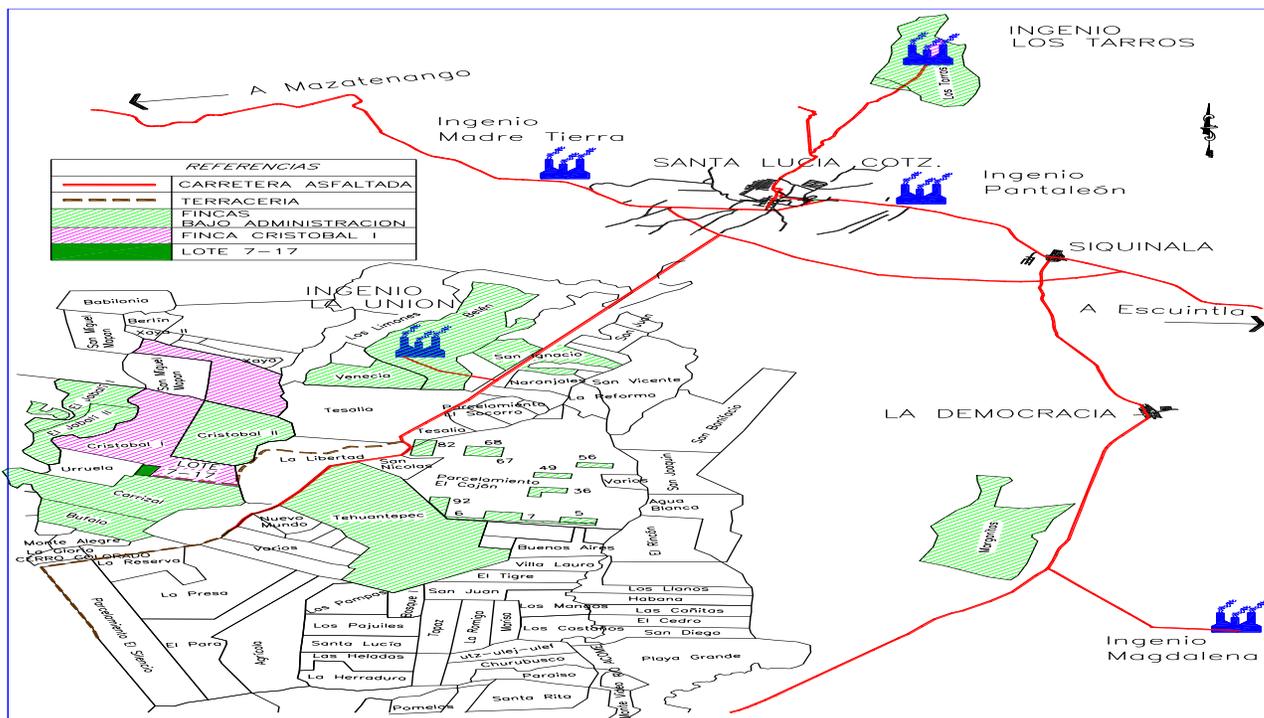
En la aplicación mecánica, se realiza utilizando tractores de 80 a 105 hp, con una presión de 1 a 3 bares, el volumen de aplicación oscila entre 80 a 120 lts/Ha, la velocidad de aplicación es de 6 a 8 Km/hr con una eficiencia de 0.25 Ha/hora (Muñoz, A. 2007).

#### **1.2.5 Localización**

El departamento de malezas y fertilización del Ingenio La unión se encuentra ubicado en las coordenadas 14°16'18" latitud norte y 91°05'47" longitud oeste a una altura de 180 msnm localizado en Finca Belén, kilómetro 112 de la ruta que conduce a la aldea Cerro Colorado al sur-oeste de la ciudad capital, en el Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, del Departamento de Escuintla (Aquino, B. 2007).

La investigación se realizo en la finca Cristóbal I, esta se encuentra ubicada en las coordenadas 14°14'33.23" latitud norte y 91°80'38" longitud oeste, limita al norte con la aldea Xaya, finca Limones y Santa Elena Mapan; al sur con la finca Covadonga y Carrizal; al este con el Río Coyolate, finca El Jabalí y San Miguel Mapan; al oeste con el Río Cristóbal y con la Tesalia, esta se localiza al sur-oeste de la ciudad capital, en el Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, del Departamento de Escuintla (Aquino, B. 2007).

En la figura 2 se observa la carretera asfaltada que conduce a la Aldea Cerro Colorado, en donde al llegar al puente de don Genaro se cruza a la derecha por la calle de terracería la cual conduce hacia el lote 7-17 en la finca Cristóbal I.



Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio La Unión S.A.

**Figura 2:** Mapa de vías de acceso para el lote 7-17, ubicado en Finca Cristóbal I.

### 1.2.6 Estratos Altitudinales

Según Squit la finca Belén en donde se encuentra ubicado el departamento de malezas y fertilización esta localizada en el estrato altitudinal medio en donde la altitud es de 180 metros sobre el nivel del mar, el departamento realiza sus actividades en diferentes áreas divididas en 5 zonas de producción ubicadas en tres estratos altitudinales, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

**Cuadro 2:** Descripción de aspectos generales de los estratos altitudinales en donde se ubican las diferentes fincas, en las cuales el departamento de malezas y fertilización realiza sus labores diarias.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AREA (Ha)</b>	<b>ALTITUD (msnm)</b>	<b>PP (mm/año)</b>
<b>ZONA ALTA</b>	1,265	590 a 960	5,020
<b>ZONA MEDIA</b>	7,127	40 a 200	2,213
<b>ZONA BAJA</b>	8,111	< a 40	1,466

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio La Unión S.A.

### **1.2.7 Aspectos Climáticos**

El clima de la finca Belén es cálido, la temperatura promedio se encuentra alrededor de los 27 °C, la precipitación promedio anual es de 2,213 mm entre los meses de mayo a octubre (Squit, V. 2007).

### **1.2.8 Suelo**

Los suelos de la finca Belén se encuentran en la división fisiográfica del grupo I–suelos del declive del pacifico pertenecientes al sub-grupo E de la serie Xayá los cuales son suelos profundos sobre materiales volcánicos mezclados encontrándose en la parte inferior del declive del pacifico presentando pendientes relativamente suaves, un drenaje interno moderado, el suelo superficial presenta una textura franco arcillosa con una consistencia friable (Simmons, Ch; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959).

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 General

- Realizar el diagnóstico de la situación actual del departamento y del equipo de almacenamiento y transporte de agua, tanques de agroquímicos utilizados por el departamento de malezas y fertilización del Ingenio La Unión.

### 1.3.2 Específicos

- Conocer la situación actual de la organización del departamento para el control de malezas, durante el proceso productivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp).
- Determinar los principales problemas presentes y encontrar posibles soluciones que puedan mejorar el funcionamiento de los tanques de agroquímicos.

## 1.4 METODOLOGÍA

### 1.4.1 Delimitación del Área de Estudio

Se delimito el área de trabajo del departamento de malezas y fertilización en las cinco zonas de producción de caña de azúcar (*Saccharum spp*), en donde se pudo observar la actividad de arranque manual de la maleza caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), el control mecánico y químico de las diferentes malezas existentes en las áreas de producción y actividades de fertilización así como la maquinaria e implementos agrícolas utilizados para cumplir con las labores diarias del departamento, entre la maquinaria observada en actividad estuvieron las bombas hidroneumáticas de presión constante, aspersores de aguilonas, abono cultivadoras y los tanques de agroquímicos.

### 1.4.2 Recopilación de Información Primaria

La información primaria se obtuvo de la siguiente manera:

- a) Se realizaron entrevistas diarias a los diferentes jefes de departamentos y de zona de la empresa.
- b) Se recorrió y observo las cinco zonas de producción en las cuales esta dividida la empresa.
- c) Se realizaron preguntas relacionadas con los siguientes aspectos:
  - Experiencias en cuanto al control de malezas y fertilización.
  - Principales problemas que se han presentado en la ejecución de dichas actividades.
  - Maquinaria agrícola existente y estado actual de la misma, para la realización de labores en el cultivo.
  - Malezas de mayor incidencia e importancia en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

### **1.4.3 Recopilación de Información Secundaria**

Se revisaron libros, tesis obtenidos en la biblioteca del Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), en la biblioteca de la facultad de agronomía en la Universidad de San Carlos, además de información obtenida en los diferentes departamentos del Ingenio La Unión y en paginas electrónicas, esto para reforzar la información primaria obtenida.

### **1.4.4 Matriz de Priorización de Problemas**

La matriz de priorización es la herramienta que se utilizo para obtener un consenso sobre el diagnostico realizado en el departamento de malezas y fertilización, esta matriz de priorización sirvió para clasificar los problemas en base a un criterio en particular que es de gran ayuda para ver con mayor claridad cuales son los problemas mas importantes sobre los que se deben de trabajar para encontrar la mejor solución posible.

Con la información primaria y secundaria obtenida se elaboro una matriz de priorización con los principales problemas detectados en las diferentes labores realizadas para el control de malezas y en la aplicación de fertilizantes coordinadas por el departamento en la empresa Ingenio La Unión.

### **1.4.5 Ubicación y Evaluación del Equipo de Aplicación**

El equipo de aplicación del cual se realizo el diagnostico, fueron los tanques de agroquímicos, en los cuales se traslada el agua para realizar las mezclas de herbicidas en el campo, para realizar esta actividad se visitaron las diferentes zonas de producción para localizar y proceder a evaluar cada uno de los tanques de agroquímicos.

### **1.4.6 Análisis de la Información**

Se integro toda la información relacionando la primaria con la secundaria por medio de las cuales conocimos la estructura organizativa del área de campo y del departamento de malezas y fertilización, así como la situación actual de la maquinaria e implementos

agrícolas utilizados por el departamento, en donde se confirmaron algunos problemas detectados en las entrevistas, consultas y visitas realizadas en las diferentes zonas de producción.

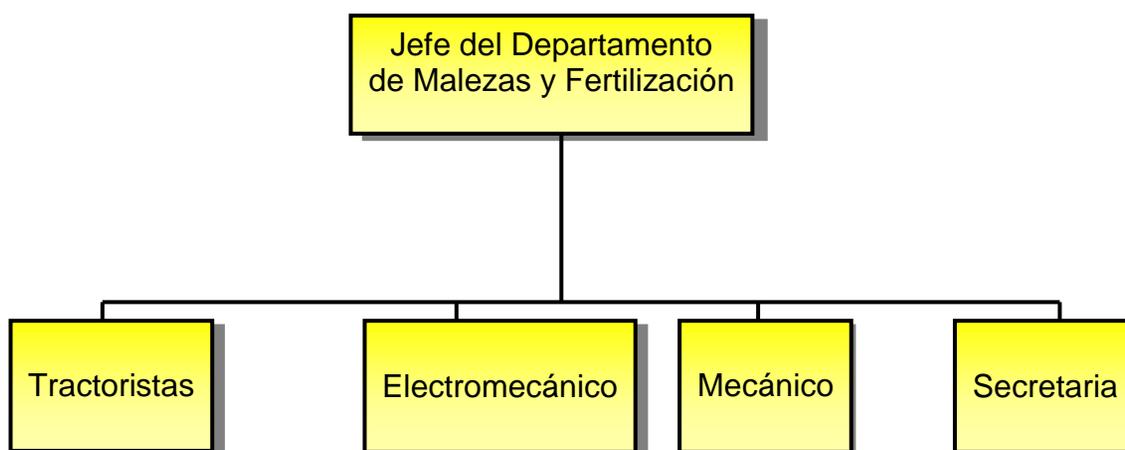
Ya identificados los principales problemas existentes en el departamento de malezas y fertilización se procedió a clasificarlos según su importancia utilizando para ello una matriz de priorización de problemas, luego se jerarquizaron en orden descendente cada uno de los problemas en donde el problema con una mayor frecuencia tenía el rango mas alto.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Estructura Organizacional

El departamento de malezas y fertilización está estructurado por el jefe del departamento el cual se encarga de planificar, coordinar y establecer los programas de renovación y fertilización conjuntamente con los cinco jefes de zona de las áreas de producción y así velar porque las actividades se realicen en el momento oportuno, determinando así la cantidad de herbicidas y fertilizante a comprar por lo cual solicita la compra a las oficinas centrales de la empresa para que luego el departamento se encargue de la distribución del equipo, implementos e insumos agrícolas para que se lleven a cabo las diversas labores del cultivo.

En la figura 3, se detalla el organigrama del departamento de malezas y fertilización.



Fuente: Superintendencia de campo, Ingenio La Unión S.A.

**Figura 3:** Organigrama del Departamento De Malezas y Fertilización

También forma parte del departamento, una secretaria la cual se desempeña en el trabajo de oficina, el personal que opera los tractores para labores de cultivo y fertilización, además el departamento tiene a su disposición un electromecánico y un mecánico que se encargan de realizar servicios preventivos y de reparación de la maquinaria asignada a las fincas (aguilones, tanques agroquímicos, mochilas de aplicación de herbicidas y tractores David Brown).

### **1.5.2 Situación Actual**

Este departamento realiza investigaciones para evaluar nuevos productos o para encontrar mejores alternativas en el control de malezas y fertilización, se encarga de planificar, coordinar y velar porque se realicen las actividades de aplicación de herbicidas y fertilizantes, lleva un control en la distribución de insumos agrícolas, distribuye tractores para labores diarias y labores de cultivo y fertilización e implementos como rastras cultivadoras, equipo para aplicación de herbicidas y fertilizantes (Muñoz, A. 2007).

Actualmente el departamento de malezas y fertilización cuenta con maquinaria agrícola a su cargo para distribuirla en las diferentes zonas de producción de la empresa de acuerdo con los diferentes requerimientos de los cinco zonas de producción de la empresa, esta maquinaria esta dividida en tractores para labores varias, tractores para labores de cultivo y fertilización e implementos como las rastras cultivadoras, fertilizadoras y equipo para la aplicación de herbicidas (bombas hidroneumáticas y aspersores de aguilonos) para realizar control mecánico y químico en las malezas.

Las labores de cultivo que se realizan con los tractores por medio de la coordinación del departamento son actividades de movimiento de tubería, movimiento de equipo de riego (moto bombas), distribución de combustible, movimiento de pivotes móviles, movimiento de tanques y aguilonos de aspersion de herbicidas, surqueo para resiembra, traslado de la semilla en áreas donde se renovara o sembrara el cultivo y la limpia mecánica de los costados de los canales de conducción del agua de riego.

Según Muñoz, A. (2007) el departamento es responsable de solicitar la compra y de distribuir los insumos agrícolas utilizados como herbicidas y fertilizantes, en el cuadro 3 se detalla la maquinaria e implementos agrícolas utilizados por el departamento para realizar las labores en el control de malezas y fertilización.

**Cuadro 3:** Descripción del número de tractores y actividades que realizan con la diferente maquinaria e implementos distribuidos por el departamento de control de malezas y fertilización.

<b>CANTIDAD</b>	<b>MAQUINARIA O IMPLEMENTO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>
49	Tractores de marca John Deere, Massey Ferguson, Case, Mackormick y David Brown.	Labores varias
24	Tractores marca John Deere	Labores de cultivo y fertilización
36	Rastras cultivadoras	Arranque mecánico de malezas
8	Aspersores de aguilonos	Control químico de malezas para aplicación de herbicidas preemergentes y postemergentes
22	Tanques Agroquímicos	Traslado de agua donde se realizaran las mezclas de productos químicos.
24	Fertilizadoras	Para aplicación de fertilizantes (Urea 46% o nitrato de amonio)

Fuente: Departamento de malezas y fertilización, Ingenio La Unión.

En cuanto a las actividades de fertilización, según Azañon los programas de fertilización de la empresa se realizan dependiendo de la relación de que por cada tonelada producida se necesita un kilogramo de nitrógeno (N), según resultados en los cuales la dosis de 150 kg/Ha ya no produjo respuesta evidente en las áreas con producciones mayores de 150 tc/Ha y a los tres diferentes estratos en los cuales esta dividida la empresa.

En las fincas ubicadas en los estratos altos en caña soca se aplican de 100 a 130 kg de N/Ha y en caña plantía 60 kg de N/Ha, en el estrato medio se aplican de 110 a 130 kg de N/Ha en caña soca y en caña plantía de 60 a 80 kg de N/Ha, finalmente en las fincas ubicadas en estrato bajo se fertiliza la caña soca con 120 a 150 kg de N/Ha y en caña plantía se fertiliza con 80 kg de N/Ha, todas estas dosis recomendadas de acuerdo a las investigaciones realizadas conjuntamente con el departamento de investigación del Ingenio La Unión. (Azañon, V. 2006).

Debido a que se buscan reducir los costos de producción, durante esta zafra se estarán realizando ensayos para determinar la factibilidad de la aplicación de nitrógeno (N) utilizando la fuente de amoniaco anhidro, esto se realiza con la finalidad de buscar otra fuente de nitrógeno (N), además de definir costos de operación comparado con las otras fuentes de nitrógeno (N) ya utilizadas como los son la urea al 46 % y nitrato de amonio.

### 1.5.3 Tanques de Agroquímicos

Los tanques de almacenamiento, proveen una solución responsable a las necesidades en el manejo y transporte de agua, así como de una gran variedad de herbicidas.

**Cuadro 4:** Tanques agroquímicos con los que cuenta el ingenio, así como las diferentes fincas en donde están ubicados.

No	CODIGO	MARCA	CAPACIDAD LTS	FINCA ASIGNADA
1	15008	Agroquimico	4000	Guanipa
2	15051	Agroquimico	4000	Guanipa
3	15003	Agroquimico	4000	Rio Azul
4	15004	Agroquimico	4000	Rio Azul
5	15006	Agroquimico	4000	La Coqueta
6	15010	Agroquimico	4000	La Coqueta
7	15009	Agroquimico	4000	San Luis
8	15007	Agroquimico	4000	San Luis
9	15052	Agroquimico	4000	Monte Alegre
10	15012	Agroquimico	4000	Margaritas
11	15019	Agroquimico	4000	Margaritas
12	15011	Agroquimico	4000	Tehuantepec
13	15018	Agroquimico	4000	Tehuantepec
14	15055	Agroquimico	4000	Jabali
15	15054	Agroquimico	4000	Jabali
16	15002	Agroquimico	4000	Jabali
17	15005	Agroquimico	4000	El Ideal
18	15001	Agroquimico	4000	Carrizal
19	15017	Agroquimico	4000	Carrizal
20	15056	Agroquimico	4000	Belén
21	15053	Agroquimico	4000	Los Tarros
22	15013	Agroquimico	4000	Belén

Fuente: Departamento de Malezas y Fertilización, Ingenio La Unión S.A.

#### 1.5.4 Usos y Aplicaciones:

- Como parte integral en los sistemas de aplicación y disolución de herbicidas.
- Como depósito para almacenamiento de agua y asegurar el suministro en cantidad del vital líquido.

En la figura 4, se puede observar un tanque agroquímico acoplado a un tractor para el transporte de agua para realizar la mezcla con herbicidas.



**Figura 4:** Vista de tanque agroquímico acoplado a un tractor.

#### 1.5.5 Desperfectos

Figura 5, se observa que la abrazadera fue sustituida por hule debido al mal estado en la manguera de la bomba de agitación.



**Figura 5:** Manguera de la bomba de agitación.

La abrazadera es una pieza que generalmente tiene que ser metálica, en forma de anillo, se usa para asegurar la manguera ó pieza cilíndrica, ciñéndola mediante presión.

En la figura 6, se observa falta de pintura y corrosión, en el tanque de agroquímicos y en el porta bomba.



**Figura 6:** Corrosión en los tanques de agroquímicos.

La corrosión, es todo proceso electroquímico de degradación por oxidación reducción de los materiales de construcción de los tanques de agroquímicos en general, así como las tuberías y estructuras en contacto con un medio conductor (agua). Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar depende en alguna medida de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y las propiedades de los metales en cuestión.

La corrosión afecta grandemente el buen estado de los tanques de agroquímicos pudiendo causar la destrucción, debido a que provoca perforaciones, debilitamiento o la pérdida de algunas piezas y estructuras mecánicas de soporte de estos equipos utilizados par el almacenamiento y transporte de agua y mezclas agroquímicas, en las actividades agrícolas diarias puede suponer lo siguiente:

- Pérdida de producto (agua ó agua + herbicida).
- Aumento del riesgo de accidentes personales.

- Aumento del riesgo de contaminación ambiental.
- Paros del proceso o servicio.
- Contaminación del producto.
- Elevados costos de reparación y de producción.
- Degradación de estructuras y sistemas.

En la gran mayoría de los tanques de agroquímicos se observan problemas de corrosión, lo cual es provocado cuando la dureza del agua es alta ó porque tiene valores por debajo de 4° dH (agua muy blanda) y acompañado de un nivel de pH excesivamente ácido, provocando problemas de corrosión en los diversos elementos metálicos que conforman el tanque, lo que nos indica que se pueden presentar problemas con la eficacia de algunos herbicidas exigentes con los valores de dureza y pH del agua.

La figura 7, muestra una manguera de succión adecuada para la bomba de llenado.



**Figura 7:** Manguera de succión.

El tubo interior y la cubierta de la manguera de succión, pueden ser hechos con alguno de los materiales siguientes.

- a) Compuesto basado en hule.
- b) Compuesto termoplástico.
- c) Mezclas de compuestos de hule y termoplásticos.

La figura 8, muestra que los tanques de agroquímicos, tienen algunas mangueras de succión inadecuadas en la bomba de llenado debido a que están fabricadas de poliducto y además se ve una excesiva corrosión en el tanque de agroquímicos.



**Figura 8:** Mangueras de succión y corrosión en el tanque de agroquímicos.

Las mangueras de succión sirven para succionar agua por la bomba de llenado de los tanques de almacenamiento por lo que deben estar fabricadas de paredes rígidas, el diámetro interno de la manguera no debe ser menor que el diámetro nominal y la superficie interna de la manguera de succión debe ser lisa, como muestra la figura 8 los tanques cuentan con mangueras inadecuadas. La figura 9, muestra que la llave de llenado no cierra completamente provocando una fuga en la llave.



**Figura 9:** Llave de llenado.

**Figura 10:** Fuga en la llave de paso y en la tubería de la bomba de llenado**Figura 10.1:** Llave de paso.**Figura 10.2:** Tubería de la bomba.

En las figuras 10.1 y 10.2 se pueden apreciar fugas en las llaves de paso y llenado, así como fugas en la tubería de la bomba, esto ocasiona en algunos equipos de aplicación grandes pérdidas de mezclas de productos agroquímicos, lo cual puede afectar los costos de producción, además produce aumentos en el riesgo de contaminación ambiental y aumenta la degradación de las estructuras y el sistema de almacenamiento de fluidos en general.

## 1.6 CONCLUSIONES

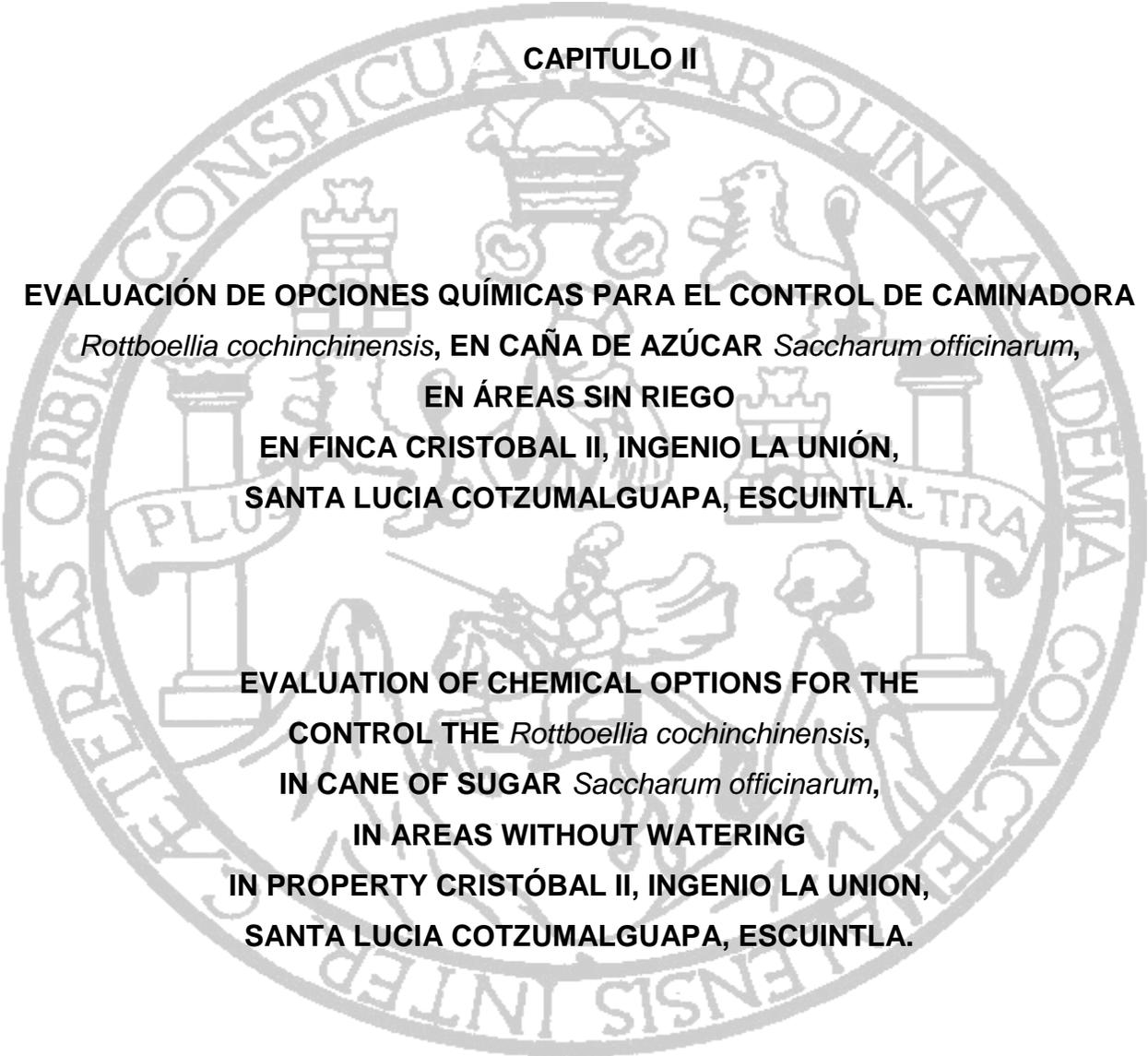
- Se elaboro un diagnostico en el que se determino la estructura organizacional y las principales labores que el departamento de malezas y fertilización realiza, labores entre las que están programar, coordinar y velar para que las actividades de aplicación de herbicidas y fertilizantes se realicen, evalúa nuevos productos para el control de malezas, además lleva el control de la distribución de productos, insumos, equipo, maquinaria e implementos agrícolas utilizados en las actividades de producción.
- La situación actual del departamento de malezas y fertilización nos indica, que este departamento se encarga de distribuir el equipo, implementos e insumos agrícolas y velar porque las diferentes labores del cultivo se realicen de una manera adecuada, actualmente el control de malezas se realiza de manera manual, mecanizada y química, las principales malezas presentes en las áreas de producción son la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), coyolillo (*Cyperus rotundus*), bermuda (*Cynodon dactylon*) y pasto Johnson (*Sorghum halepense*), los
- Las aguas que contienen más de 50 ppm de cloruros, más de 75 ppm de sulfatos o 25ppm de nitratos se consideran aguas agresivas. Se debe evitar utilizar productos químicos como cloruros, sulfatos y nitratos porque estos causan el rompimiento de las barreras protectoras en la superficie del metal, abriendo el camino a la corrosión, ó en su defecto invertir en tanques nodrizas horizontales hechos de polietileno debido a que son resistentes a muchas sustancias químicas, y no se produce corrosión.

## 1.7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda vaciar completamente el agua de los tanques agroquímicos, debido a que la adición continua de agua incrementa el contenido de sulfatos, cloruros y nitratos en el agua del equipo de aplicación, haciéndola más agresiva cuanto mayor tiempo es usado.
- Se deben de aplicar a los tanques de agroquímicos pintura anticorrosivo para evitar el proceso de degradación ó destrucción total por oxidación-reducción del equipo de almacenamiento y transporte de agua.
- Cambiar las mangueras de succión en mal estado ó inadecuadas de los tanques de agroquímicos por mangueras fabricadas por compuestos basados en hule, material termoplástico ó compuestas por una mezcla de hule y termoplástico.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Aquino, B. 2007. Fincas de Ingenio La Unión, S.A. (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Ingeniería Agrícola.
2. Azañon, V. 2006. Resultados de investigación agrícola, zafra 2005-06. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Investigación Agrícola.
3. Corrosión Controlada de Occidente, MX. 2008. Tanques (alta resistencia en superficies). Guadalajara, Jalisco, México. 5 p.
4. Ingenio La Unión, GT. 2007. Productos – División Agrícola (en línea). Guatemala. Consultado 9 mar 2007. Disponible en <http://web.launion.com.gt/>
5. Motta, VH. 2007. Objetivos y aspectos generales del departamento de plagas y enfermedades (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión.
6. Muñoz, A. 2007. Aspectos generales del departamento de malezas y fertilización (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión.
7. Simmons, Ch; Tárano T, JM; Pinto Zúñiga, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
8. Squit, V. 2007. El departamento de ingeniería agrícola, métodos y área bajo riego (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión.



**CAPITULO II**

**EVALUACIÓN DE OPCIONES QUÍMICAS PARA EL CONTROL DE CAMINADORA**  
*Rottboellia cochinchinensis*, **EN CAÑA DE AZÚCAR** *Saccharum officinarum*,  
**EN ÁREAS SIN RIEGO**  
**EN FINCA CRISTOBAL II, INGENIO LA UNIÓN,**  
**SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.**

**EVALUATION OF CHEMICAL OPTIONS FOR THE**  
**CONTROL THE** *Rottboellia cochinchinensis*,  
**IN CANE OF SUGAR** *Saccharum officinarum*,  
**IN AREAS WITHOUT WATERING**  
**IN PROPERTY CRISTÓBAL II, INGENIO LA UNION,**  
**SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

En Guatemala la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es un cultivo de gran importancia porque contribuye al desarrollo agro-industrial creando una gran cantidad de fuentes de trabajo, además de contribuir en la generación y la captación de divisas por medio de la producción y comercialización de caña, azúcar y energía eléctrica.

El crecimiento y el desarrollo del cultivo es afectado principalmente por la competencia que ejercen las malezas por el espacio, los nutrientes, luz y agua al momento de la germinación y durante los tres meses subsiguientes cuando el crecimiento del cultivo es lento y el follaje no logra cubrir completamente la superficie cultivada, ocasionado daños de 34% en el cultivo reduciendo la producción de tallos aptos para moler en un periodo de competencia durante todo el ciclo del cultivo (Lencse y Griffin, 1991).

Una de las principales malezas en la zona cañera del país es la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), esta maleza es una gramínea anual de tallos robustos y erectos que pueden alcanzar de 3 a 4 metros de altura, una planta de esta maleza es capaz de producir de 15,000 a 16,500 semillas (Melgar, M. 1996), el control de esta maleza se realiza de forma manual, mecánica y/o química porque los cañicultores están conscientes de la importancia de darle ventaja inicial a la caña para incrementar la producción a un menor costo y evitar que en caña plantilla y soca disminuya el rendimiento alrededor de 35 a 60% y de 30 a 40% respectivamente (Azurdia, C. 1996).

En la actualidad los altos costos que representa el control manual, y debido a que la gran mayoría de las opciones químicas para el manejo de las malezas requieren que el suelo contenga suficiente humedad para actuar eficientemente, se evaluaron algunas opciones químicas para el control de caminadora (*R. cochinchinensis*) en el cultivo de la caña de azúcar (*S. officinarum*) en condiciones de baja o nula humedad, las opciones químicas efectivas y que representan el menor costo para el control de esta maleza, son las mezclas de MSMA+Tótem (1.00+1.14 lt/ha) y la mezcla de Fínale+Gesapax (0.75+1.50 lts/ha), las cuales pueden utilizarse independientemente de la precipitación y de las labores de riego.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 Generalidades de las malezas

El período crítico de interferencia de las malezas en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) abarca desde la emergencia hasta los 3 meses de edad, periodo en el cual el cultivo se ve afectado en su desarrollo por la competencia de agua, luz y nutrientes con una diversidad de malezas que, provienen de muchas especies de hoja ancha que tienen raíces superficiales de 5 a 10 cms de profundidad y gramíneas que poseen raíces que se desarrollan a una mayor profundidad, alcanzando hasta los 20 cms, estas ultimas son capaces de cubrir en un 60% el área del cultivo, y de no controlarse a tiempo se producirían grandes pérdidas en el rendimiento y producción final de azúcar (Ware, GW; Whitacre, DM. 2004).

Las malezas son plantas indeseables principalmente porque reducen la calidad y cantidad de la producción agrícola. Aproximadamente 10% de todas las especies de plantas son malezas, lo que equivale a un total de 30,000 especies de malezas. De esta cantidad 1,800 causan serias pérdidas económicas en la producción de cultivos, y 250 especies plagan los cultivos en el mundo entero (Ware, GW; Whitacre, DM. 2004).

Considerando el aspecto económico, una maleza es una planta, cuya presencia resulta en la reducción de la rentabilidad del sistema agrícola. Cualquier planta no cultivable que aparece en las áreas cultivables son usualmente consideradas como malezas en los sistemas agrícolas altamente desarrollados, como lo es la producción de caña de azúcar en gran escala (FAO, 1998).

Las malas hierbas compiten con las plantas cultivables por los nutrientes del suelo, agua y luz, además sirven de hospederos a insectos y patógenos dañinos a las plantas cultivables. Las malezas también obstruyen el proceso de cosecha y aumentan los costos de producción debido a que la presencia de las malezas en áreas cultivables reduce la eficiencia de la fertilización y la irrigación, facilita el aumento de la densidad de otras plagas y al final los rendimientos agrícolas y su calidad decrecen severamente.

En cualquier sistema agrícola varias operaciones son dirigidas netamente al control de malezas, un control no desarrollado a tiempo puede causar serios problemas, no sólo a las áreas cultivables, donde inciden, sino también a áreas cultivables vecinas. Un control de malezas retardado en caña de azúcar, con un desarrollo avanzado de insectos dañinos sobre las malezas presentes en las áreas del cultivo, provoca la migración de los insectos sobre áreas de pastos adyacentes. Tan pronto como las malezas son controladas, los insectos se trasladan a las áreas de pastos, las cuales son hospederas más adecuadas de estas plagas que las plantas de caña. (FAO, 1998).

El control de las malezas en la caña de azúcar se realiza de las siguientes maneras: manual, mecánico y químico. El control manual; se utiliza en zonas de producción pequeñas donde es difícil el control mecanizado por las difíciles condiciones topográficas del terreno, también es utilizado cuando la aplicación de productos químicos no ha sido eficaz en el control de las malas hierba (Labrada, 1990).

El control mecánico; es un método de control de malezas que se usa en zonas productivas que cuentan con maquinaria adecuada, un clima y condiciones topográficas del suelo favorables, este tipo de control se basa en el efecto que ejercen los implementos acoplados al tractor sobre las malezas. Una buena preparación del terreno permitirá a la plantía emerger con muy pocas malezas a su alrededor, pases sucesivos de cultivadores ayudan también a controlar las malezas (Labrada, 1990).

El control químico; es un método en el que el producto o productos químicos a utilizar deben ser seleccionados en función de los tipos de malezas predominantes en el área del cultivo, este control es más eficaz y económico, cuando la maleza no ha emergido.

Para realizar el control químico de malezas en la caña de azúcar (*S. officinarum*), hay dos épocas de aplicación: Preemergente, esta época se identifica cuando las malezas aun no han emergido, termina cuando comienzan a notarse ciertas manchones verdes en el campo de cultivo, como resultado de la emergencia de las malezas y aparición de una o dos hojas en ellas. Postemergente, es la época cuando las malezas alcanzan 4 a 5 hojas, siendo su germinación generalizada en todo el campo, el establecimiento de estas etapas

de las malezas es importante para determinar el producto y dosis a aplicar (Labrada, 1990).

## **2.2.2 Características generales de la caminadora**

La caminadora o zacate peludo, es una gramínea herbácea anual de tallos erectos y fuertes de hasta 3 o 4 m de altura, que generalmente forman macollas, debido a su gran adaptabilidad, esta maleza no es exigente con el tipo de suelo, y se puede desarrollar con poca o alta humedad, lo cual la hace agresiva en cuanto a su crecimiento y desarrollo ya que tiene una increíble habilidad competitiva frente a otras especies hasta el punto de desplazar a otras invasoras perennes, por lo que requiere de un manejo cultural y químico adecuado (Leonardo, A. 1998).

### **2.2.2.A Distribución e importancia**

La caminadora normalmente se le encuentra en más de 30 países de clima cálido de América latina, El Caribe, África, Asia, Oceanía y en algunos estados de EE.UU. La maleza suele aparecer en suelos de textura pesada, húmedos y permeables (Labrada, 1990). Alrededor de año de 1978 aparece como maleza en Guatemala, extendiéndose y generando problemas en la región norte especialmente en el departamento de Izabal y en la región sur, a través de los departamentos de Jutiapa hasta San Marcos en cultivos como la caña de azúcar, maíz, arroz, sorgo, soya y algunos cultivos de hoja ancha (Azurdia, C. 1996).

Según FAO (1998), se estima que más de 3.5 millones de hectáreas de cultivos están infestados por la caminadora en América Central y el Caribe. Según Azurdia C. (1996), se ha llegado a demostrar que sin ningún tipo de control, esta especie puede ocasionar que en caña plantilla se reduzca la producción entre el 35 al 60 %, en Guatemala la reducción puede alcanzar hasta el 90 % y en caña soca de 30 a 40 %.

#### **Clasificación Botánica**

- Reino: Plantae
- Subreino: Embryobionta
- División: Magnoliophyta

- Clase: Liliopsida
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Cyperales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Panicoideae
- Tribu: Andropogoneae
- Género: Rottboellia
- Especie: *R. cochinchinensis* (Azurdia C. 1996).

### 2.2.2.B Descripción botánica

Esta maleza tiene raíces fibrosas, en los nudos inferiores próximos a la base se producen raíces adventicias. Los tallos son cilíndricos, erectos, sólidos, robustos y pubescentes. La hoja es pubescente, lanceoladas-lineales, plana con bordes aserrados, de lámina larga y delgada, rugosa de los lados, vaina con cerdas y con lígulas cortas. La inflorescencia es un racimo cilíndrico en forma de espiga, compuesto de 10 a 20 antículos que contienen las semillas, los racimos son de tipo lateral y terminal de 8 a 12 cms de longitud. Los frutos son cariósipos, miden de 6 a 7 mm de largo (Azurdia, C. 1996).

En la figura 11 se pueden observar las características morfológicas del tallo, la hoja, la inflorescencia y la planta completa de la maleza caminadora (*R. cochinchinensis*).



**Figura 11:** Tallo, hoja y planta completa de la caminadora (*R. cochinchinensis*).

El medio de reproducción exclusivo de esta maleza durante todo el año son las semillas en forma de cápsulas agudas que contienen el grano, esta maleza puede producir de 15,000 a 16,500 semillas (Melgar, M. 1996). Las semillas generalmente poseen alguna

latencia, requieren de un período de acondicionamiento de 4 a 5 meses después de la maduración para germinar. En condiciones de clima cálido, las semillas pueden permanecer viables por más de 2.5 años y a una profundidad de 45 cm del suelo (FAO, 1998).

### **2.2.2.C Estrategias de manejo**

La prevención de la diseminación de la caminadora (*R. cochinchinensis*) a áreas aún no infestadas por esta maleza incluye la plantación de semillas de variedades certificadas del cultivo, la limpieza y el uso de máquinas, equipo de transporte y equipo de labranza libres de semillas de la maleza, el control total de los focos de la caminadora en las áreas aledañas no cultivadas, limpieza de los canales de riego y drenaje, arranque y quema de plantas y un manejo de cobertura con basura de caña.

“La labranza profunda durante el proceso de preparación del terreno se debe de evitar, debido a que las semillas enterradas permanecerán viables por varios años. La práctica de la labranza mínima es más conveniente para reducir el banco de semillas de la maleza en el suelo”.

Resultados prometedores se han obtenido recientemente con el uso de algunos patógenos específicos para el control de la caminadora. Algunos aislados de (*Fusarium moniliforme*) de plantas de la caminadora colectados en América Central han controlado efectivamente varios biotipos de la maleza en países como Bolivia, Zimbabwe, Tailandia y Honduras. Además, el carbón de la caminadora (*Sphacelotheca ophiwi*), patógeno obligado de la maleza, parece ser un agente biológico promisorio para el control de la misma (FAO, 1998).

En cuanto al control químico, se realizan prácticas químicas de prevención aplicando herbicidas preemergentes de los grupos químicos derivados de urea, dimitroanilinas, isoxazolidiones, triazinas, triazinas no simétricas y ureas sustituidas-triazinas no simétricas. Las prácticas químicas utilizadas cuando la maleza ya ha invadido el área del cultivo es la aplicación de herbicidas postemergentes de los grupos químicos carbamatos, fosfónicos,

oxifenoxiesteres, triazinas, triazinas no simétricas, ureas sustituidas-bipiridilos y ureas sustituidas-triazinas no simétricas (Leonardo, A. (1998).

### **2.2.3 Herbicidas a evaluar**

A continuación se hace una breve revisión de las características de los herbicidas de contacto (glufosinato de amonio, paraquat y MSMA), sistémicos preemergentes o posemrgentes tempranos con cierto efecto de contacto translaminar (ametrina y terbutrina) y herbicidas de actividad hormonal (2,4-D) que se utilizaron en la investigación que se realizó en la Finca Cristóbal I, Ingenio La Unión S.A., Santa Lucía Cotzumalguapa, en un área donde el nivel de humedad estaba en el punto de marchites permanente.

**Los herbicidas de contacto**, son productos químicos que matan las partes de la planta a cuyas superficies se aplica el producto químico y son ideales para el control de la caminadora (*R. cochinchinensis*), estos herbicidas son más efectivos contra plantas anuales, es decir aquellas malezas que germinan de semillas y crecen hasta llegar a su madurez cada año, la única desventaja es que para el obtener un buen control de malezas con materiales de contacto es esencial un cubrimiento completo (FAO, 1998).

#### **2.2.3.A Glufosinato de amonio (Finale 15 SL)**

Hace unos treinta años se logró por vez primera aislar el aminoácido fosfinotricina, un importante producto metabólico, se sintetizó la sal de amonio del ácido, que recibió el nombre común glufosinate-ammonium, y que comercialmente se conoce con el nombre de Finale.

El glufosinato de amonio se utiliza como herbicida clásico no selectivo para controlar por contacto malezas de hoja ancha, gramíneas y ciperáceas, penetra por las hojas de las malezas interfiriendo la acción de la enzima glutamina-sintetasa, la cual cataliza la síntesis del aminoácido glutamina. Se aumentan en forma anormal los niveles de amonio y las células mueren intoxicadas, la fotosíntesis se transforma y la maleza muere. En consecuencia, las plantas dejan de crecer desde el mismo día de la aplicación, aunque no se manifiestan síntomas visibles. La aparición de síntomas visibles dependerá de la

especie de malas hierbas y de las condiciones ambientales. La muerte completa de las malezas se suele producir entre una y dos semanas después del tratamiento.

Debido a que el mecanismo de acción es altamente específico sobre las partes verdes de la planta, lo cual permite el uso de este herbicida para la reducción de adventicias gramíneas y de hoja ancha, con un efecto mucho más duradero, lo que permite reducir el número de aplicaciones para el control de las malas hierbas (Bayer CropScience, 2007).

### **2.2.3.B Paraquat (Rafaga 20 SL)**

Paraquat es el nombre comercial del 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilio; 3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea, comercialmente se conoce como Ráfaga. El nombre bipiridilo sugiere la conexión de dos anillos piridilos, en este grupo se encuentra el paraquat, el cual es un herbicida de contacto post-emergente no selectivo para controlar malezas de hoja ancha y muchas gramíneas, no es activo en el suelo, daña rápidamente los tejidos de las plantas causando en ellas una apariencia como de daño por helada debido a la destrucción de las membranas celulares. Estos rápidos procesos de marchitamiento y desecación ocurren en el transcurso de algunas horas, por lo cual este herbicida también se usa como desecantes foliares antes de la cosecha de cultivos para semilla, algodón, soya, caña de azúcar y girasoles.

El paraquat es un receptor de electrones de la fotosíntesis produciendo un radical cationico monovalente, este reacciona con oxígeno molecular ( $O_2$ ) y produce paraquat nuevamente más el anión radical superóxido ( $O_2^-$ ), que es el que inicia la secuencia de eventos que causan la muerte de la célula. Después el superóxido dismutasa cataliza la conversión del superóxido a un radical libre de peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) e hidroxilo ( $OH^-$ ) que son los que realmente destruyen las membranas (Pitty, A. 1997).

La acción de este herbicida ocurre a través de los iones positivos disociados de manera natural, los cuales son reducidos por fotosíntesis para formar radicales libres estables, estos radicales libres luego se oxidan para formar de nuevo el ion original que es el peróxido de hidrógeno, el cual destruye la planta (Ware, GW; Whitacre, DM. 2004).

### **2.2.3.C Metanoarsonato monosódico (MSMA)**

El arsonato, o arsénico pentavalente, actúa de una manera diferente de la forma trivalente de los arsenicales inorgánicos, los arsonatos alteran el metabolismo de la planta e interfieren con el crecimiento normal al entrar en las reacciones en lugar del fosfato. Ellos no solo sustituyen al esencial fosfato sino que también son absorbidos y translocados de una manera similar a la de los fosfatos.

Los arsenatos trivalentes son herbicidas exclusivamente de contacto, mientras que los arsonatos pentavalentes son translocados bajo tierra a tubérculos y rizomas, a menudo son aplicados en tratamientos localizados (Ware, GW; Whitacre, DM. 2004).

**Los herbicidas sistémicos**, son absorbidos bien sea por las raíces o por la parte aérea de las plantas y circulan dentro del sistema de la planta hasta llegar a tejidos distantes. Los herbicidas translocados pueden ser efectivos contra todas las clases de malezas; sin embargo, su mayor ventaja está en el control de plantas perennes establecidas, aquellas malezas que continúan creciendo de año en año, para lograr un buen control de las malezas con herbicidas translocados la aplicación del producto debe ser uniforme (Ware, GW; Whitacre, DM. 2004).

La ametrina y terbutrina actúan como herbicidas sistémicos preemergentes o posemrgentes con cierto efecto de contacto translaminar, pertenecen al grupo de las triazinas, estos son herbicidas móviles pero aplicados al follaje no se mueven fuera de las hojas, inhiben la fotosíntesis al detener el flujo de electrones produciendo la muerte por la producción de sustancias tóxicas secundarias, debido a la interrupción del flujo de electrones, las cuales dañan las células. Después que se detiene la fotosíntesis se destruye la clorofila, los carotenoides y se degradan los lípidos de las membranas celulares, causando la pérdida de la semipermeabilidad, las membranas destruidas dejan escapar el contenido celular a los espacios intercelulares causando la muerte (Pitty, A. 1997).

#### **2.2.3.D Ametrina (Gesapax 50 SC)**

La ametrina es el ingrediente activo de este producto, que por su acción fitosanitaria se utiliza como herbicida selectivo que controla numerosas malezas de hoja ancha y gramíneas que invaden a cultivos como la caña de azúcar (*S. officinarum*), banano (*Musa spp*) y piña (*Ananas comosus*). Debido a su modo de acción es absorbido por las hojas de las malezas, aunque una gran cantidad de producto entra en la maleza a través de las raíces (EDIFARM, 2006).

#### **2.2.3.E Terbutrina (Igran 50 SC)**

El ingrediente activo de este producto es la terbutrina, que por su acción fitosanitaria se utiliza como un herbicida sistémico para el control de malezas gramíneas y en menor grado malezas de hoja ancha en cultivos como la caña de azúcar (*S. officinarum*), plátano (*Musa spp*), maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum vulgare*), y frijol (*Phaseolus vulgaris*). Por su modo de acción es absorbido por las hojas y las raíces de las malezas, impidiendo su desarrollo al inhibir el proceso fotosintético (EDIFARM, 2006).

**Los herbicidas reguladores del crecimiento con actividad hormonal**, son fenóxidos (2,4-D), estos son auxinas sintéticas translocadas a través del xilema y floema, el movimiento de los solutos en el floema se detiene lo que evita el transporte de los productos de la fotosíntesis a las raíces. Estos herbicidas penetran más por el follaje que por las raíces y el brote. Los herbicidas hormonales causan en las plantas una sobredosis de por lo menos 1,000 veces la cantidad normal de auxinas endógenas, destruyen el balance hormonal y la síntesis de proteínas, causando anomalías en el crecimiento de los órganos de las plantas (Pitty, A. 1997).

#### **2.2.3.F 2,4-D Fenoxi (Tótem 72 SL)**

El 2,4-D es un herbicida hormonal derivado del ácido fenoxiacético también llamado matamalezas hormonal. Estos son altamente selectivos para malezas de hoja ancha y se translocan por la planta. Los herbicidas fenoxis tienen complejos mecanismos de acción que se parecen a los de las hormonas de crecimiento auxinas, por lo cual afectan la división celular, activan el metabolismo del fosfato, y modifican el metabolismo del ácido

nucleico (Ware, GW; Whitacre, DM., 2004). El efecto del 2,4-D se manifiesta en el encorvamiento de los tallos, clorosis, marchites, malformaciones de hojas y raíces, muerte de la planta (EDIFARM, 2006).

## **2.2.4 Aditivo**

Los aditivos mejoran las características de la mezcla, por lo cual se aumenta la absorción y por lo tanto el control de malezas. Los aditivos hacen más fácil el manejo de los herbicidas porque aumentan su efectividad, la adhesión del herbicida a la hoja, da mayor resistencia al lavado por la lluvia, evitan la formación de espuma, aumentan la seguridad para el aplicador, aseguran una distribución uniforme en la planta y reducen la deriva (Pitty, A. 1997).

### **2.2.4.A Agrotin**

Es un aditivo no iónico polifuncional que se utilizó para mezclar con los herbicidas, tiene propiedades de surfactante de tipo humectante-adherente, antiespumante y corrector de pH, el cual se aplicó para lograr una mayor eficiencia en las aplicaciones, debido a que este aditivo se concentra en la superficie de las gotas de agua debido a que tiene una parte hidrofílica y otra lipofílica por lo que puede actuar con la superficie cerosa de las hojas que es lipofílica, con el agua y con los herbicidas lipofílicos o hidrofílicos, disminuyendo así la tensión superficial por lo que proporciona un mayor contacto con las hojas (Pitty, A. 1997).

Este surfactante tipo humectante-adherente fue utilizado por las siguientes razones:

- Aumenta el área de contacto del plaguicida con la superficie tratada, porque causa una mayor extensión de las gotas y un mojado uniforme de la planta.
- Mantiene al agroquímico adherido por más tiempo a la superficie aplicada, por lo que reduce la cantidad de herbicida que llega a escurrirse.
- Facilita la penetración de productos en superficies de difícil acceso (hojas pubescentes, cutículas gruesas, hojas con pocos estomas, etc.) evitando que las gotas queden suspendidas en las vellosidades de las hojas.
- Reduce la evaporación desde la superficie tratada debido a que retarda el secado de la gota (Bayer CropScience, 2007).

## 2.3 HIPOTESIS

- El tratamiento de Finale (glufosinato de amonio) + Gesapax (ametrina) con una dosis de 0.75 + 1.50 lts/ha, tendrá un efecto significativo en el control de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), bajo condiciones de verano.

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 General

- Evaluar opciones químicas para el control de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en condiciones de verano en un área sin riego.

### 2.4.2 Específicos

- Determinar el efecto de porcentaje de control de los tratamientos sobre la maleza caminadora (*R. cochinchinensis*) y los efectos negativos sobre el cultivo de la caña de azúcar (*S. officinarum*), en cuanto a fitotoxicidad, altura de plantas, largo de entrenudos.
- Determinar los días control que realicen cada uno de los tratamientos en el control de la caminadora (*R. cochinchinensis*).
- Comparar económicamente las diferentes opciones químicas de herbicidas a evaluar.

## 2.5 METODOLOGÍA

### 2.5.1 Descripción y dosis de herbicidas

La aplicación se realizó en caña soca de tres años de edad de la variedad CP72-2086, cuando la maleza tenía de 3 a 5 cms de altura, el tratamiento de MSMA+2,4-D se aplicó cuando la maleza tuvo aproximadamente de 10 a 15 cms de altura, debido a que en estas condiciones el herbicida MSMA tiene un mejor efecto según experiencias en el Ingenio La Unión S.A.

Según Muñoz, A. (2007), en la zona cañera del país los productos que más se utilizan en verano en áreas sin riego para el control de caminadora (*R. cochinchinensis*) son los herbicidas Ráfaga 20 SL, MSMA y Finale 15 SL respectivamente, por lo que no existiendo antecedentes de trabajos realizados con estos productos, se plantearon los siguientes tratamientos con sus respectivas dosis.

**Cuadro 5:** Tratamientos donde se detalla el nombre común, nombre comercial y dosis de los productos utilizados en la investigación.

(TRATAMIENTOS) NOMBRE COMÚN	NOMBRE COMERCIAL	DOSIS (lts/ha)
T1= Testigo absoluto	-----	-----
T2= Testigo manual	-----	-----
T3= glufosinato de amonio	Finale 15 SL	1.00
T4= glufosinato de amonio+ametrina	Finale 15 SL+Gesapax 50 SC	0.5 + 1.00
T5= glufosinato de amonio+ametrina	Finale 15 SL+Gesapax 50 SC	0.75 + 1.50
T6= glufosinato de amonio+ametrina	Finale 15 SL+Gesapax 50 SC	0.75 + 1.00
T7= paraquat	Ráfaga 20 SL	0.75
T8= terbutrina	Igran 50 SC	1.50
T9= metanoarsonato monosódico+2,4-D	MSMA+Tótem 72 SL	1.00 + 1.14

Aditivo: Agrotin 0.25 lts/tonel.

### 2.5.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar (DBA) con 4 repeticiones, se seleccionó este diseño, porque las condiciones del área donde se realizó la investigación eran heterogéneas (topografía del terreno y cobertura de malezas variable), por lo que este diseño permitió distribuir las unidades experimentales en grupos homogéneos

distribuyendo perpendicularmente a la dirección del gradiente de variabilidad, además el diseño de bloques al azar toma en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. El modelo estadístico utilizado es el siguiente: (López, E. 2004).

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el ij-ésimo bloque.

$\mu$  = Efecto de la media general de la variable de respuesta.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

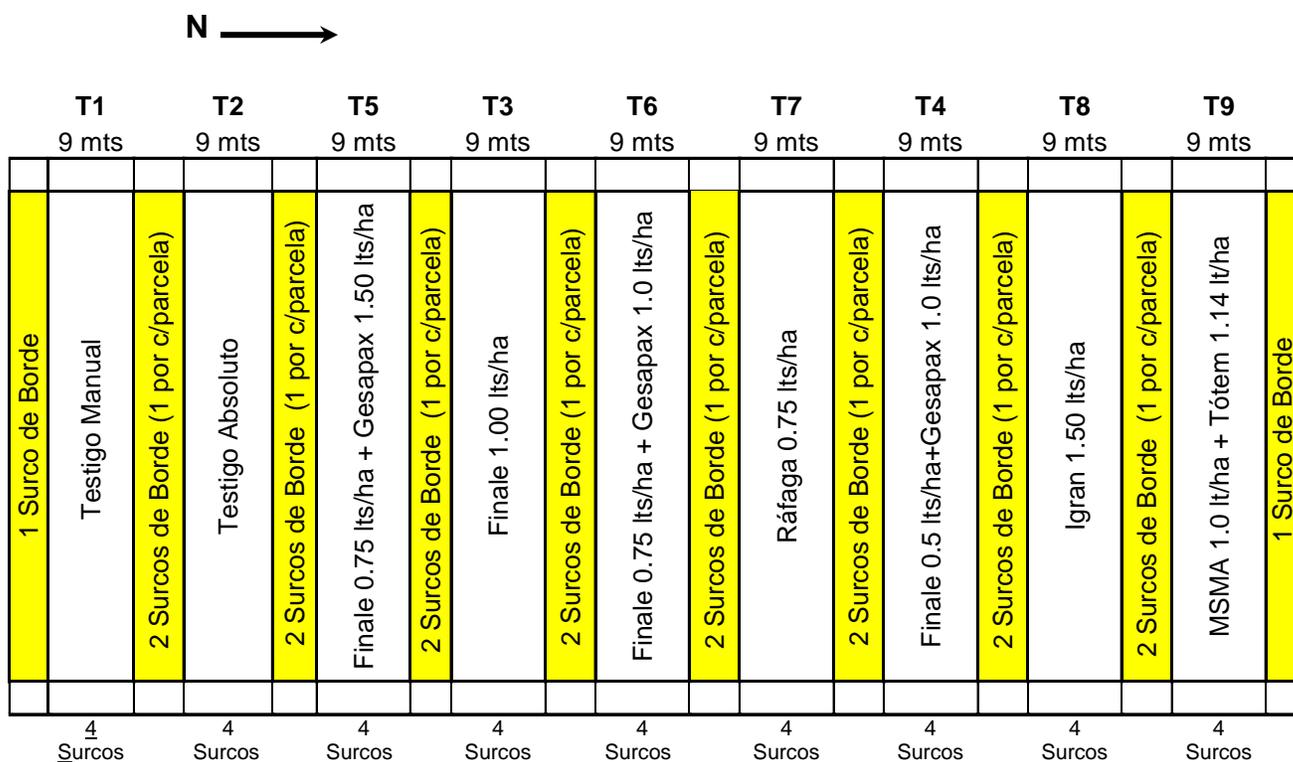
$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

### **2.5.3 Tamaño de la unidad experimental**

El tamaño de la unidad experimental fue de 6 surcos con una longitud de 25 metros cada uno, y con una distancia entre surcos de 1.5 metros por lo cual el área bruta por parcela fue de 225 metros cuadrados.

Cada parcela estuvo comprendida por 1 surco de borde en cada extremo y 4 surcos localizados al centro los cuales constituyeron cada parcela neta, lo cual hizo un área de 150 metros cuadrados.

Los tratamientos se ubicaron en 4 bloques distribuidos al azar con 9 tratamientos cada uno (ver figura 21A), en la figura 12 se puede observar el bloque I el cual estuvo formado de 9 parcelas en donde se distribuyeron cada uno de los tratamientos.



**Figura 12:** Descripción gráfica de la distribución de los diferentes tratamientos que conforman el bloque I.

#### 2.5.4 Delimitación de parcelas (Estaquillado)

En cada parcela que constituyeron los tratamientos, se colocaron estacas en sus cuatro esquinas. La altura de las estacas fue de 75 cm, lo cual dependió del estado de desarrollo de la caña.

#### 2.5.5 Equipo de aplicación

Se utilizó un tanque de agroquímicos con su respectivo regulador de presión, cuatro aspersores de presión constante (bombas hidroneumáticas) marca Calimax con capacidad de 16 lts, con boquillas XR 11003.

Debido a que en los diferentes tratamientos se utilizaron herbicidas de contacto, en los cuales el grado de cobertura condiciona la eficiencia de estos productos, se utilizó la boquilla XR 11003 porque esta boquilla produce gotas de tamaño medio a bajas presiones 20 PSI y puede producir gotas finas a medida que se incrementa la presión a 40 PSI, ya que se busco obtener una excelente cobertura sobre la superficie de las hojas de la maleza y porque se pretendió evitar o minimizar que el herbicida pulverizado saliera del área de aplicación y así impedir generar daños significativos al cultivo.

### **2.5.6 Calibración**

Previo a la aplicación el equipo fue revisado para detectar algún defecto que pudiera afectar la descarga de la boquilla, se selecciono el personal con características similares, como la edad y estatura.

La calibración se realizó con 4 personas, utilizando 4 aspersoras de presión constante, debido a que la aplicación se llevo a cabo con una persona por tratamiento.

Se utilizó el método en base a volumen para calibrar el equipo de aplicación, la cual se realizó de la siguiente manera:

- Se colocó un volumen inicial de 10 lts de agua en el tanque de cada aspersora de presión constante y se procedió a asperjar durante un minuto desplazándose a una velocidad y presión constante.
- Con el ancho de la rociadura de la boquilla y la distancia recorrida en un minuto se determino el área que se asperjo en ese minuto, cuya área fue de 85 mts<sup>2</sup>.
- Se obtuvo el promedio de la descarga de las 4 boquillas durante un minuto, con estos datos se calculo el volumen de agua en litros que se debía de utilizar para cada tratamiento:

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Descarga promedio de las boquillas} \times 10,000 \text{ m}^2/\text{ha}}{\text{Área asperjada en un minuto}}$$

- Según la calibración y los respectivos cálculos el volumen de agua que se utilizó fue de 2 lts/ha.

## 2.5.7 Variables de respuesta

### 2.5.7.A Porcentaje de control

Para calcular el porcentaje de control se estimó la cobertura de la caminadora (*R. cochinchinensis*) en las áreas con tratamiento y sin tratamiento utilizando el método cualitativo de la “evaluación visual”, debido a que este método ha sido utilizado en gran escala porque su practicidad supera a sus limitaciones y principalmente porque los métodos cualitativos ofrecen datos más aplicables que los métodos cuantitativos debido a que la cobertura de malezas está más relacionada con su capacidad de interferir con el cultivo que la densidad considerada aisladamente. Se realizaron evaluaciones visuales en las parcelas experimentales a los 07, 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la aplicación, utilizando la escala lineal con intervalos constantes, en donde los intervalos de la escala porcentual de 0 a 100 aumentan en progresión aritmética (Tasistro Souto, A. 2000).

**Cuadro 6:** Escala de clasificación lineal con intervalos constantes de 0 -100, para estimar la cobertura de caminadora (*R. cochinchinensis*) en el área de la investigación, para posteriormente calcular el porcentaje de control (PC).

ESCALA	DESCRIPCION DE LAS ESCALAS	DESCRIPCION DETALLADA
0	Sin efecto alguno	Sin control
10	Efectos ligeros	Control muy pobre
20		Control pobre
30		Control pobre a deficiente
40	Efectos moderados	Control deficiente
50		Control deficiente a moderado
60		Control moderado
70	Efectos severos	Control por debajo de satisfactorio
80		Control satisfactorio a bueno
90		Control muy bueno a excelente
100	Efecto completo	Control total

**Fuente:** Tasistro Souto, A. 2000. Métodos Para Evaluar Efectividad en el Control de Malezas. Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza no 2000:25-35.

Ya determinada la cobertura de la caminadora (*R. cochinchinensis*) que cubría el área evaluada, con estos datos se procedió a calcular el porcentaje de control en cada tratamiento utilizando la fórmula ejemplificada para una especie hipotética “A”:

$$\text{Porcentaje de control de A} = \frac{\text{cobertura de A en testigo} - \text{cobertura de A en parcela}}{\text{cobertura de A en testigo}}$$

El procedimiento para evaluar la cobertura de malezas para calcular posteriormente el porcentaje de control fue el siguiente:

- Se recorrió toda el área de la investigación antes de comenzar a evaluar, para obtener una visión de la cobertura y la variabilidad en la distribución de la caminadora (*R. cochinchinesis*). Se ubico el testigo en el bloque I del ensayo, en el cual se determino la cobertura de la caminadora (*R. cochinchinesis*), el testigo siempre fue el punto de comparación con los tratamientos de esa repetición.
- Se realizó un caminamiento por cada parcela del bloque, para determinar la cobertura de maleza presente. Se repitieron los pasos anteriores para cada bloque.
- Se utilizó la formula de  $R^2$  para corregir los datos obtenidos de fitotoxicidad y el porcentaje de control con el objetivo de normalizar los datos, y así estabilizar la varianza evitando sesgos en la información.

### **2.5.7.B Crecimiento del cultivo**

#### **2.5.7.B.a Fitotoxicidad**

Se evaluó visualmente la toxicidad de cada uno de los tratamientos en el cultivo de la caña de azúcar (*S. officinarum*), a los 07, 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la aplicación (DDA), utilizando la escala de 0 a 100%, en donde 0 significo que la planta no estaba afectada y 100, que estaba completamente destruida.

**Cuadro 7:** Escala del nivel de daño fitotóxico causado por los diferentes tratamientos evaluados para el control de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

NIVEL DE DAÑO	ÁREA FOLIAR DAÑADA (%)	CATEGORIA DE DAÑO
0	0	Ausencia absoluta de daño / planta sana.
1	0.1 - 20	Daño leve.
2	20.1 - 40	Daños moderados, pero claramente apreciables.
3	40.1 - 60	Daño medio.
4	60.1 - 80	Daño alto.
5	> 80	Daño severo.

**Fuente:** Adaptado de Badilla F. y Motta V.H. 2003. Metodología para determinar daño foliar en caña de azúcar (*Saccharum* spp). Ingenio La Unión, S.A., Guatemala, Centro América.

- Para cuantificar la altura se midió desde el suelo hasta la última lígula, para realizar esta medición se seleccionaron 05 plantas dentro de cada parcela.
- Se hizo el muestreo en los cuatro surcos ubicados en el centro de la parcela dejando 1 surco de borde en cada extremo (1.5 metros).
- En los 4 surcos seleccionados por parcela se eligieron al azar 05 tallos colocándoles un pedazo de pita para identificarlos y así se realizaron las mediciones respectivas.

#### **2.5.7.B.b Largo de entrenudos**

Este se realizó midiendo la cantidad de entrenudos que estaban presentes en la planta y se procedió a calcular la media aritmética para cada uno de los tallos seleccionados. Para la medición de la altura y el largo de entrenudos se utilizó una cinta métrica.

#### **2.5.7.C Días control**

Debido a que se utilizó la escala lineal para determinar la cobertura de maleza y en esta escala se considera que el porcentaje de control mínimo aceptable es 80% pudiendo variar este valor a criterio del investigador (Tasistro Souto, A. 2000).

De acuerdo a las condiciones en las cuales se realizó la presente investigación en áreas con niveles de humedad bajo el límite inferior no disponible para la planta y debido a que se buscó determinar que herbicida era capaz de ejercer un control eficaz por contacto en la caminadora (*R. cochinchinensis*), se determinó como aceptable un porcentaje de control mínimo de 80%. El número de días control en cada tratamiento fue evaluado hasta cuando las parcelas tratadas presentaron un control por debajo de la cifra mínima aceptable.

## **2.5.8 Análisis de la información**

### **2.5.8.A Análisis estadístico**

- Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con los datos obtenidos de las variables de respuesta (fitotoxicidad causada por el herbicida en la planta, altura y largo de entrenudos de la caña y porcentaje de control).
- Según Tasistro Souto, A. (2000), los valores porcentuales normalmente no se analizan estadísticamente, por lo cual antes de realizar el análisis estadístico se procedió a normalizar los datos de fitotoxicidad y porcentaje de control utilizando la fórmula de  $R^2$  para estabilizar la varianza.
- Si las diferencias son significativas se procederá a realizar la prueba de medias TUKEY.

### **2.5.8.B Análisis económico**

- Se analizaron los datos de los días control en función de los costos.
- Al momento de visualizar según la escala lineal un control mínimo aceptable sobre la caminadora (*R. cochinchinensis*) menor al 80% se determinaron los días control efectivos en cada tratamiento, este dato se utilizó para calcular el costo por día de cada tratamiento.
- Partiendo del precio de compra de cada producto se procedió a calcular el costo total por mezcla o tratamiento, este es el costo por el total de días que el tratamiento ejerció un control bueno a aceptable, el costo por día de cada tratamiento se obtuvo de dividir el costo total de cada mezcla por el total de los días control obtenidos en cada tratamiento.

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.6.1 Porcentaje de control (PC)

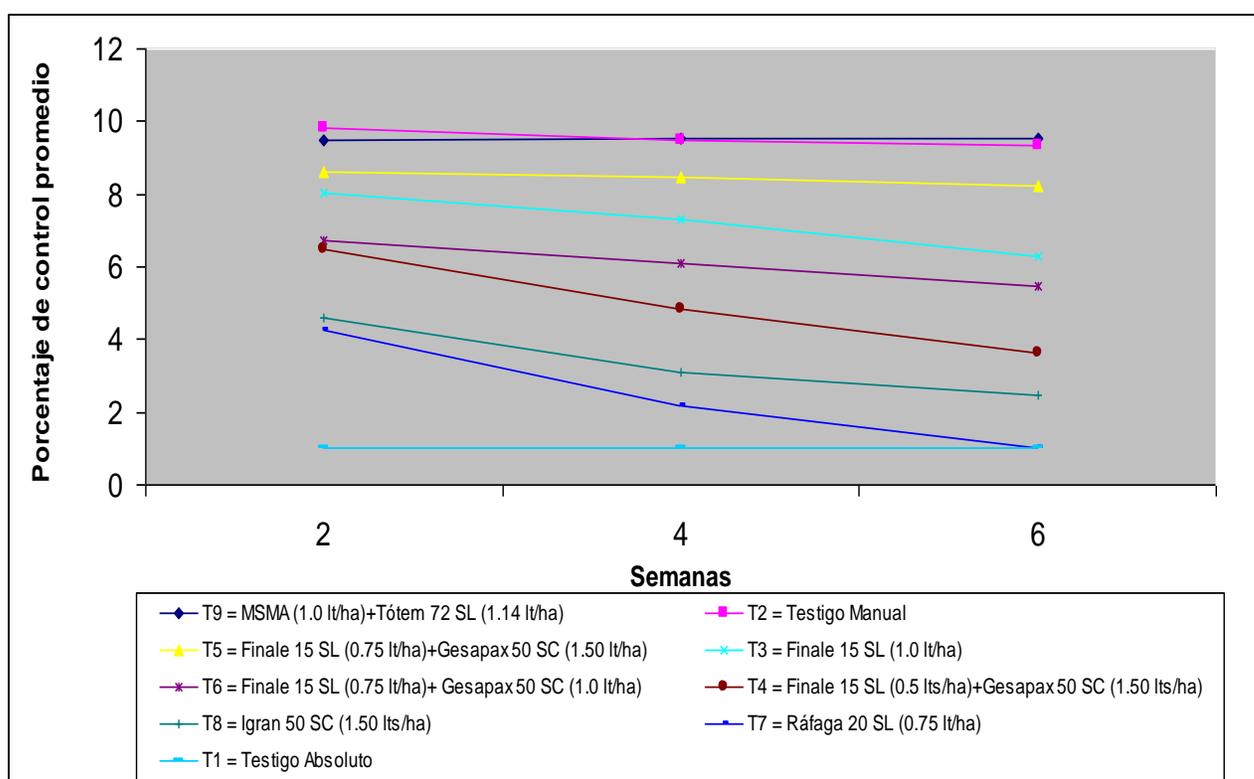
Utilizando el método cualitativo de la evaluación visual se estimó la cobertura de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) en cada tratamiento, a partir de estos datos se calculo el porcentaje de control (PC) que ejercieron los diferentes tratamientos sobre dicha maleza. Debido a que el valor de F (18.75) es  $\geq$  a F crítica 0.0001 (cuadro 13A), se rechaza la hipótesis planteada porque se observan diferencias al 5 % de significancia, entre el efecto de los diferentes tratamientos.

Debido a este resultado se realizó en la semana No. 6, una prueba de comparación múltiple de medias según el criterio de Tukey (cuadro 8), los tratamientos que presentaron un menor porcentaje del área del suelo cubierto por la proyección vertical de la parte aérea de (*R. cochinchinensis*), fueron la mezcla de MSMA (metanoarsonato monosódico)+Tótem 72 SL (2,4 D) con una dosis de 1.0+1.14 lt/ha, Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+Gesapax 50 SC (ametrina) con dosis de 0.75+1.50 lt/ha y el testigo manual, estos tratamientos estadísticamente son iguales debido a que presentaron porcentajes de control por arriba del 80 % (grafica 13), este valor es el que se busca debido a la alta competencia que ejerce la caminadora (*R. cochinchinensis*) con el cultivo por el espacio, nutrientes, luz y agua.

**Cuadro 8:** Prueba de medias en la semana seis y valores promedio del porcentaje de control de la caminadora (*R. cochinchinensis*) a las dos, cuatro y seis semanas después de la aplicación (DDA).

TRATAMIENTO (Ingrediente Activo)	DOSIS (Lt/ha)	PORCENTAJE DE CONTROL PROMEDIO			GRUPO TUKEY (Semana 6)			
		S2	S4	S6				
MSMA (metanoarsonato monosodico)+Tótem 72 SL (2,4-D)	1.0 + 1.14	9.47	9.54	9.54	a			
Testigo Manual	Sin Producto	9.82	9.50	9.34	a			
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.50	8.63	8.48	8.25	a	b		
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)	1.0	8.04	7.30	6.30		b	c	
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.0	6.71	6.10	5.46			c	d
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+Gesapax 50 SC (ametrina)	0.50 + 1.50	6.46	4.86	3.65			c	d
Igran 50 SC (terbutrina)	1.50	4.61	3.11	2.45			c	d
Ráfaga 20 SL (paraquat)	0.75	4.25	2.18	1.00				d
Testigo Absoluto	Sin Producto	1.00	1.00	1.00				d
* Datos transformados con la formula de raíz cuadrada.		C.V. (%)	12.72	23.66	32.57			
		Pr > F	0.0001	0.0001	0.0001			

Debido a que los porcentajes de control sobre la caminadora (*R. cochinchinensis*) están por debajo del 80 %, las opciones químicas de Finale 15 SL a 1 lt/ha y Finale 15 SL + Gesapax 50 SC (0.75+1.0 lt/ha) pueden definirse como dos tratamientos aceptables porque el porcentaje de control esta por arriba del 50%, el resto de tratamientos no son una buena alternativa porque el PC de la mezcla de Finale 15 SL + Gesapax 50 SC (0.5+1.50 lt/ha) en la semana seis esta por debajo de 30.6%, el tratamiento de Igran 50 SC con una dosis de 1.50 lt/ha esta debajo de 20.4%, el tratamiento 7 que consistió en una dosis de 0.75 lt/ha de Ráfaga 20 SL en la semana 6 presento un porcentaje de control (PC) de 10%, siendo estadísticamente igual al testigo absoluto.



**Figura 13:** Porcentaje de control (PC) de cada tratamiento, sobre la caminadora (*R. cochinchinensis*) en la semana dos, cuatro y seis.

### 2.6.2 Fitotoxicidad

El valor de F (121.55) es  $\geq$  a F crítica 0.0001 (cuadro 13A), nos indica que se observan diferencias al 5 % de significancia, entre el efecto fitotóxico de los diferentes tratamientos sobre la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

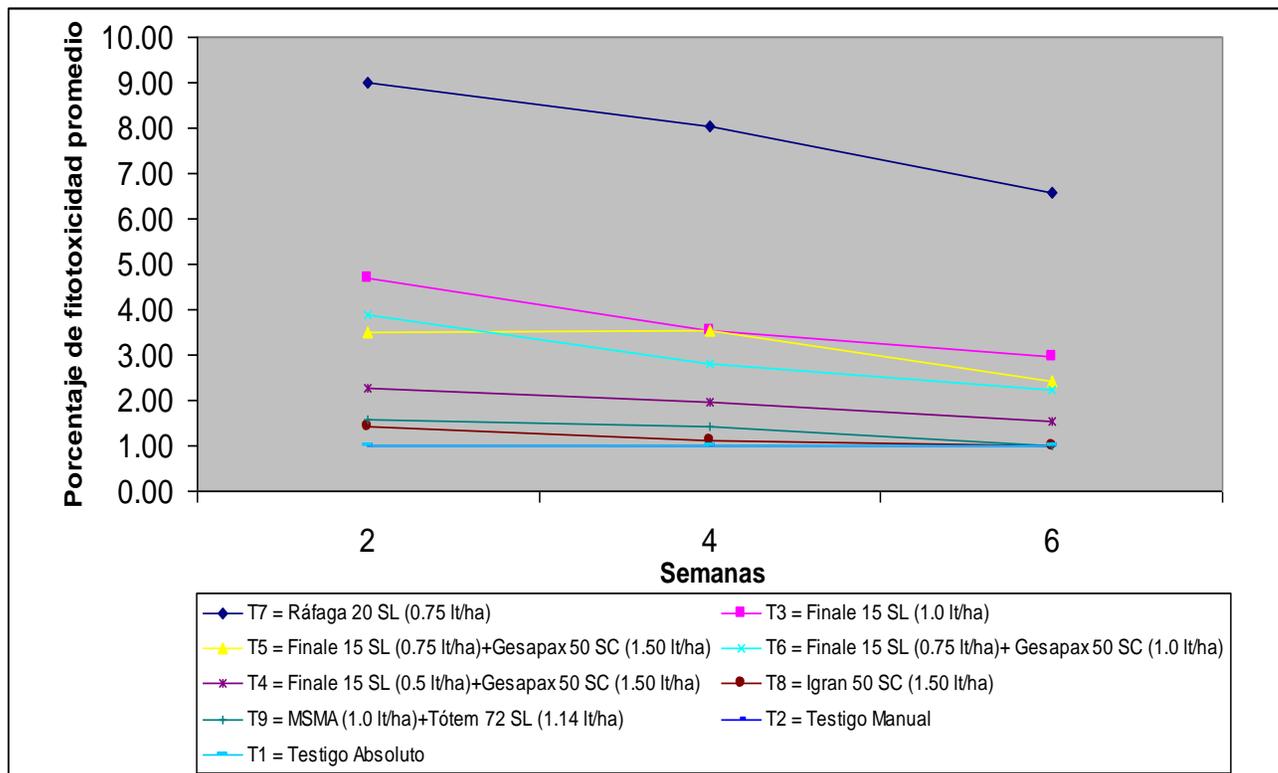
Debido a este resultado se realizó una prueba de comparación múltiple de medias según el criterio de Tukey (cuadro 9), El porcentaje de fitotoxicidad fue comparado con las variables de altura y largo de entrenudos de la caña de azúcar (*S. officinarum*), reflejándose una relación entre estas tres variables. El tratamiento de Ráfaga (paraquat) a 0.75 lt/ha presenta una marcada diferencia con el resto de los tratamientos, en cuanto al alto grado de fitotoxicidad que provoca en el cultivo, además de presentar un pobre control sobre la caminadora (*R. cochinchinensis*).

**Cuadro 9:** Prueba de medias en la semana seis y porcentaje de fitotoxicidad promedio en el cultivo a las dos, cuatro y seis semanas después de la aplicación (DDA).

TRATAMIENTO (Ingrediente Activo)	DOSIS (Lt/ha)	PORCENTAJE DE FITOTOXICIDAD (PROMEDIO)			GRUPO TUKEY (Semana 6)	
		S2	S4	S6		
Ráfaga 20 SL (paraquat)	0.75	9.00	8.04	6.59	a	
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)	1.00	4.71	3.53	2.96	b	
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.50	3.48	3.35	2.43	b	c
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.00	3.90	2.82	2.24	b	c
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.50 + 1.50	2.26	1.96	1.55	d	
Igran 50 SC (terbutrina)	1.5	1.41	1.10	1.00	d	
MSMA (metanoarsonato monosodico)+Tótem 72 SL (2,4-D)	1.00 + 1.14	1.57	1.41	1.00	d	
Testigo Manual	Sin Producto	1.00	1.00	1.00	d	
Testigo Absoluto	Sin Producto	1.00	1.00	1.00	d	
*Datos transformados con la formula de raíz cuadrada.	C.V.	15.68	17.88	14.92		
	Pr > F	0.0001	0.0001	0.0001		

Como se puede apreciar en la figura 14, el resto de tratamientos presentan un porcentaje de fitotoxicidad bajo observándose la gran diferencia entre los seis tratamientos en donde se aplico herbicida comparándolos con el tratamiento de Ráfaga (paraquat) a 0.75 lt/ha. La dosis de Igran (terbutrina) a 1.50 lt/ha y la mezcla de MSMA+Tótem con una dosis de 1.0+1.14 lt/ha, desde el momento de aplicación presentaron casi una fitotoxicidad nula, debido a que los porcentajes que se presentaron en las semanas dos y cuatro fueron similares a los porcentajes del testigo manual y absoluto, en la semana seis estos valores fueron idénticos para los cuatro tratamientos tomando en cuenta que en el tratamiento dos (testigo manual) y uno (testigo absoluto) no se realizaron aplicaciones de herbicidas, por lo cual se determino que los herbicidas Igran (terbutrina), MSMA (metanoarsonato

monosódico) y Tótem (2,4-D) no son fitotóxicos al cultivo de la caña de azúcar (*S. officinarum*).



**Figura 14:** Porcentaje de fitotoxicidad de cada tratamiento sobre la caña de azúcar (*S. officinarum*) a las dos, cuatro y seis semanas después de la aplicación.

### 2.6.3 Altura de plantas

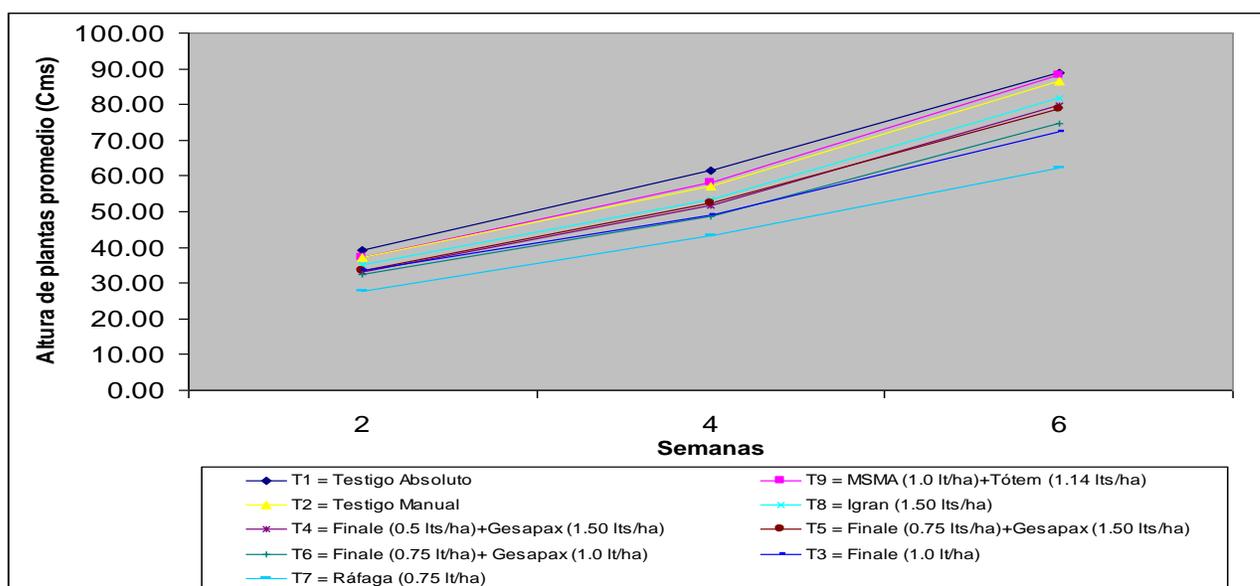
El valor de F (4.05) es  $\geq$  a F crítica 0.0036 (cuadro 13A), nos indica que se observan diferencias entre los diferentes tratamientos al 5 % de significancia, sobre la altura de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de la variedad CP 72-2086.

Debido a este resultado se realizó una prueba de comparación múltiple de medias según el criterio de Tukey (cuadro 10), los cuatro tratamientos compuestos de Finale presentaron una altura de plantas similar, en los cuales se observó una tendencia lógica porque la dosis más alta representó los valores de altura más bajos y dosis más bajas representaron valores de altura altos específicamente entre los tratamientos de Finale ó Finale+Gesapax.

**Cuadro 10:** Altura promedio expresada en cms de plantas de caña de azúcar (*S. officinarum*), a las dos, cuatro y seis semanas después de aplicado.

TRATAMIENTO (Ingrediente Activo)	DOSIS (Lt/ha)	ALTURA DE PLANTAS PROMEDIO (Cm)			GRUPO TUKEY (Semana 6)	
		S2	S4	S6		
Testigo Absoluto	Sin Producto	39.20	61.55	88.85	a	
MSMA (metanoarsonato monosodico)+Tótem 72 SL (2,4-D)	1.00 + 1.14	37.00	58.15	88.15	a	
Testigo Manual	Sin Producto	37.05	57.25	86.60	a	
Igran 50 SC (terbutrina)	1.50	35.10	53.45	81.85	a	
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.50 + 1.00	33.25	51.65	79.65	a	b
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.50	33.45	52.25	78.75	a	b
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.00	32.55	48.75	74.65	a	b
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)	1.00	33.45	48.95	72.40	a	b
Ráfaga 20 SL (paraquat)	0.75	27.60	43.30	62.00		b
	C.V. (%)	8.71	10.08	10.85		
	Pr > F	0.0009	0.0023	0.0036		

Los tratamientos de Igran (1.50 lt/ha) y MSMA (1.0 lt/ha)+Tótem (1.14 lt/ha), los cuales resultaron ser menos fitotóxicos para el cultivo (figura 15), alcanzaron alturas similares con el testigo manual y absoluto en donde no hay efectos fitotóxicos debido a que en estas parcelas no se utilizaron herbicidas para el control de malezas.



**Figura 15:** Altura de plantas (cms) a las dos, cuatro y seis semanas dda, que refleja los efectos fitotóxicos de algunos herbicidas sobre el cultivo.

### 2.6.4 Largo de entrenudos

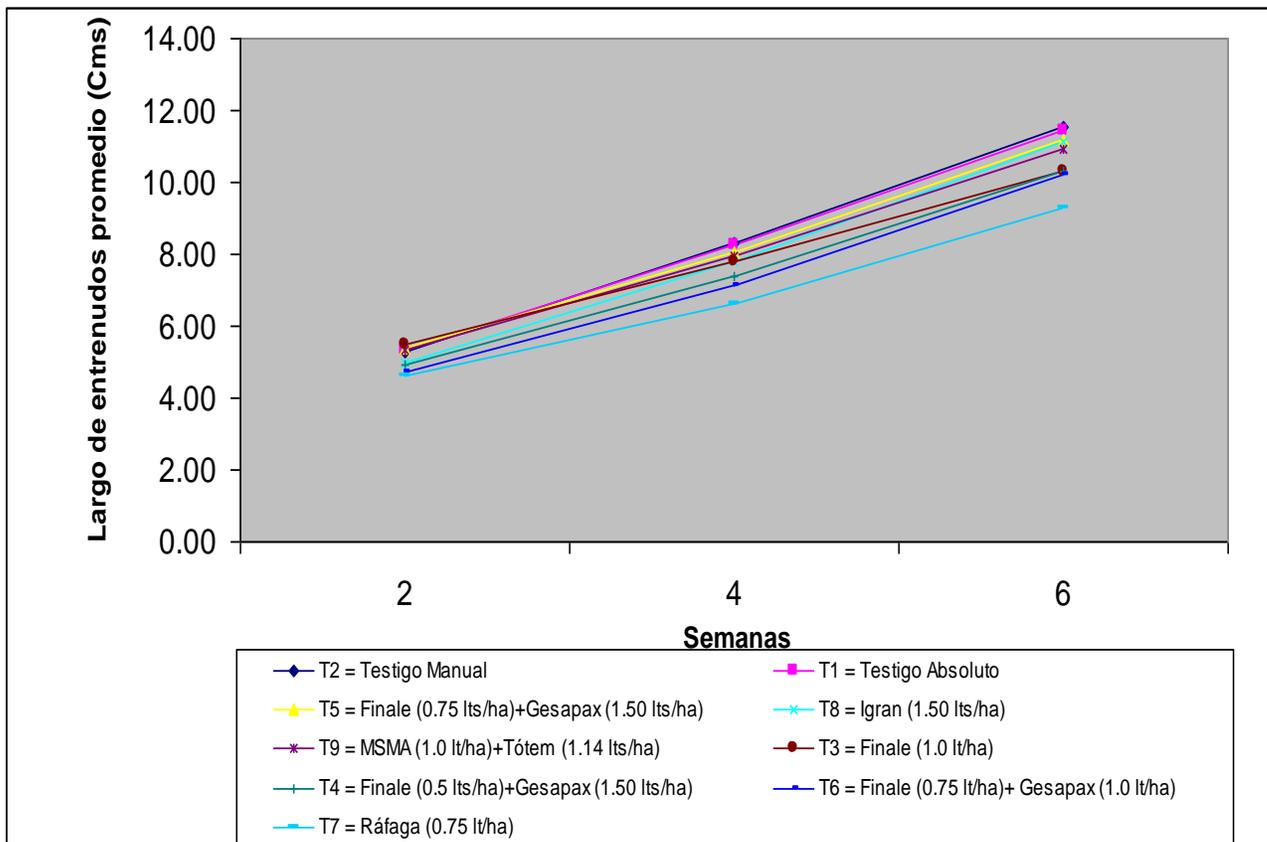
Al observar los resultados (Cuadro 11), podemos determinar que la fitotoxicidad de los herbicidas no afecta grandemente la longitud de los entrenudos (cms) de la caña de azúcar, esto debido a que los valores entre los diferentes tratamientos no presentan una variación alta.

**Cuadro 11:** Largo de entrenudos promedio (cms) de la caña de azúcar (*S. officinarum*), a las dos, cuatro y seis semanas después de aplicado (DDA).

TRATAMIENTO (Ingrediente Activo)	DOSIS (Lt/ha)	LARGO DE ENTRENUDOS PROMEDIO (Cm)			GRUPO TUKEY (Semana 6)	
		S2	S4	S6		
Testigo Manual	Sin Producto	5.30	8.33	11.52	a	
Testigo Absoluto	Sin Producto	5.34	8.28	11.44	a	
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.50	5.36	8.03	11.20	a	b
Igran 50 SC (terbutrina)	1.50	5.00	7.78	11.11	a	b
MSMA (metanoarsonato monosodico)+Tótem 72 SL (2,4-D)	1.00 + 1.14	5.32	7.97	10.93	a	b
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)	1.00	5.48	7.82	10.33	a	b
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.50 + 1.50	4.90	7.37	10.29	a	b
Finale 15 SL (glufosinato de amonio)+ Gesapax 50 SC (ametrina)	0.75 + 1.00	4.71	7.12	10.23	a	b
Ráfaga 20 SL (paraquat)	0.75	4.61	6.60	9.27		b
	C.V. (%)	9.69	9.64	7.87		
	Pr > F	0.17	0.05	0.02		

Al comparar cada tratamiento con los testigos se observa nuevamente que el tratamiento de Ráfaga (paraquat) con una dosis de 0.75 lt/ha es el que resulto más afectado en cuanto al crecimiento de la longitud de los entrenudos, las diferentes dosis de Finale a 0.5, 0.75 y 1.0 lt/ha presentan valores similares y homogéneos.

Los tratamientos de MSMA+Tótem a 1.0+1.14 lt/ha y Finale+Gesapax con dosis de 1.0+1.50 lt/ha, presentan valores cercanos a los testigos por lo que podemos determinar que además de no afectar el crecimiento de entrenudos proporciona un buen control sobre la maleza, el tratamiento de Igran (1.50 lt/ha) no afecta el largo de entrenudos pero el control es muy pobre.



**Figura 16:** Largo de entrenudos promedio (cms), a las dos, cuatro y seis semanas después de aplicado (DDA).

### 2.6.5 Días control

De acuerdo a los resultados en la variable de días control, el tratamiento de MSMA (1.0 lt/ha)+Tótem (1.14 lt/ha) fue el mejor debido a que presentó 42 días de control, el segundo tratamiento de similar efecto fue el de Finale (0.75 lt/ha)+Gesapax (1.50 lt/ha) el cual alcanzó 40 días de control y por último la dosis de Finale a 1.0 lt/ha alcanzó 28 días de control. El arranque manual se realizó dos veces durante los cuarenta y dos días alcanzando 21 días de control por arranque de la caminadora (*R. cochinchinensis*), esto nos indica que con estos dos tratamientos se evitaría realizar dos y hasta tres arranques de maleza dependiendo de la zona y eficiencia con la que se realice esta labor, y con el tratamiento de Finale (1.0 lt/ha) se evitaría realizar un arranque con un costo mayor al realizado al aplicar este herbicida.

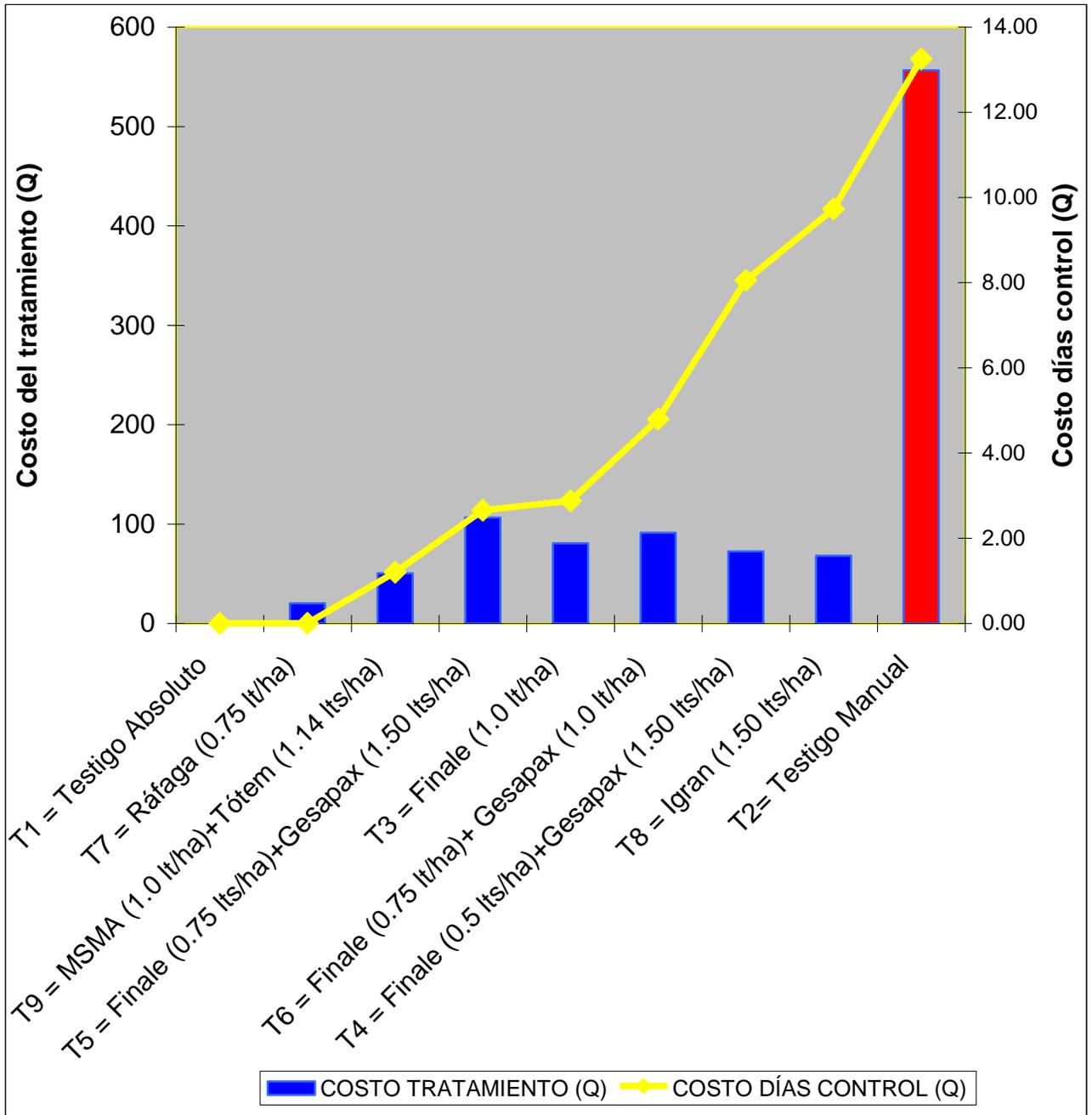
**Cuadro 12:** Días control y costo de cada tratamiento, en donde se calculo el costo en quetzales de los días control.

TRATAMIENTO	DÍAS CONTROL	COSTO TRATAMIENTO (Q)	COSTO DÍAS CONTROL (Q)
T1 = Testigo Absoluto	0	0	0.00
T7 = Ráfaga (0.75 lt/ha)	0	20.25	0.00
T9 = MSMA (1.0 lt/ha)+Tótem (1.14 lts/ha)	42	50.36	1.20
T5 = Finale (0.75 lts/ha)+Gesapax (1.50 lts/ha)	40	106.26	2.66
T3 = Finale (1.0 lt/ha)	28	80.62	2.88
T6 = Finale (0.75 lt/ha)+ Gesapax (1.0 lt/ha)	19	91.04	4.79
T4 = Finale (0.5 lts/ha)+Gesapax (1.50 lts/ha)	9	72.47	8.05
T8 = Igran (1.50 lts/ha)	7	68.07	9.72
T2= Testigo Manual	42	371.04	8.83

Como se puede observar en la figura 17, el tratamiento más caro fue el arranque manual debido a que el costo de este al realizarse dos arranques fue de Q371.04 lo cual da un valor de Q8.83 de costo por día control.

Los tratamientos que por los días control y el costo día control se determinaron como buenas alternativas son el tratamiento nueve el cual contenía MSMA (1.0 lt/ha)+Tótem (1.14 lt/ha), el costo por mezcla fue de Q50.36 generando un costo por día control de Q1.20, el tratamiento de Finale (0.75 lt/ha)+Gesapax (1.50 lt/ha) tuvo un valor de Q106.26 lo cual genero un costo por día control de Q2.66 y el tratamiento de Finale de 1.0 lt/ha tiene un valor por mezcla de Q80.62 generando un costo día control de Q2.88.

Comparando estas tres alternativas químicas contra el arranque manual para el control de la caminadora (*R. cochinchinensis*) podemos decir que son más baratas tanto en costo por mezcla como en costo día control, además de ser alternativas eficaces para el control de dicha maleza.



**Figura 17:** Costos de cada tratamiento al iniciar la investigación y los costos días control (Q), al finalizar los días control.

## 2.7 CONCLUSIONES

- Los tratamientos que presentaron un mejor control, fueron la mezcla de MSMA+Tótem (1.00+1.14 lt/ha), Finale+Gesapax (0.75+1.50 lts/ha) y el testigo manual, estos presentaron un porcentaje de control > al 80 %. El tratamiento que mostró una menor fitotoxicidad durante los cuarenta y dos días control fue la mezcla de MSMA+Tótem, la cual se compara con el testigo manual y absoluto, esto se relaciona con la variable altura de plantas. En cuanto al largo de entrenudos el mejor tratamiento es el Finale+Gesapax (0.75+1.50 lts/ha) debido a que este alcanzó longitudes similares al los testigos, en los cuales por no aplicarse herbicidas la longitud de entrenudos no fue afectada.
- El tratamiento que obtuvo un mayor número de días control fue la mezcla de MSMA+Tótem (1.00+1.14 lt/ha), alcanzando 42 días control, seguido del tratamiento compuesto de Fínale+Gesapax (0.75+1.50 lt/ha) con 40 días control.
- La mezcla de herbicidas compuesta por MSMA+Tótem con una dosis de (1.00+1.14 lt/ha), presento un costo de Q 50.36 y un costo por día control de Q 1.20, el tratamiento de Fínale+Gesapax (0.75+1.50 lts/ha), tiene un costo de Q 106.26 por lo tanto reflejo un costo de Q 2.66 por día control.

## 2.8 RECOMENDACIONES

- Debido al bajo costo y a la buena eficiencia de control sobre la caminadora (*R. cochinchinensis*), se recomienda utilizar la mezcla de MSMA+Tótem (1.00+1.14 lt/ha) y la mezcla de Fínale+Gesapax (0.75+1.50 lts/ha) aplicando bajo condiciones de verano sin riego, evitando realizar dos arranques manuales.
- Otra alternativa que también se pueden utilizar, pero con una menor eficiencia en cuanto a los días control sobre esta maleza es aplicar Finale a una dosis de 1.0 lt/ha, con lo cual se evitaría realizar un arranque manual de esta maleza, así disminuir los costos, debido a que la labor de arranque manual en el área evaluada (225 m<sup>2</sup>) utilizando tres jornales, cuesta Q 185.52, comparando días control y costos, estos tratamientos son buenas alternativas químicas para aplicaciones en condiciones de verano para el control de la caminadora (*R. cochinchinensis*).

## 2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Azurdia, C. 1996. Biología, fenología, taxonomía e ingeniería genética de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 24 p.
2. Badilla, F; Motta, VH. 2003. Metodología para determinar daño foliar en caña de azúcar (*Saccharum* spp). Guatemala, Ingenio La Unión.
3. Bayer CropScience, MX. 2007. Finale, simplemente seguro (en línea). México. Consultado 16 mar 2007. Disponible en: [http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/Finale\\_BCS](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/Finale_BCS).
4. EDIFARM, GT. 2006. Vadeagro: diccionario de productos para la protección de cultivos, herbicidas. Guatemala. tomo no. 1, 471 p.
5. FAO, IT. 1998. Manejo de malezas para países en desarrollo (en línea). Italia. (Estudio FAO, Producción y Protección Vegetal). Consultado 15 mar 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s00.htm#Contents>.
6. Labrada, R. 1990. Malezas de importancia en la agricultura cubana. *In* Congreso ALAM (10, 1990, CU). Proceedings. La Habana, Cuba. v. 1, p. 1-13.
7. Lencse, RJ; Griffin, JL. 1991. Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) interference in sugarcane (*Saccharum* spp). *Weed Technology*, Louisiana 5:396-399.
8. Leonardo, A. 1998. Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, CENGICAÑA. 131 p.
9. López, E. 2004. Estadística aplicada a la producción agrícola. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 126 p.
10. Melgar, M. 1996. Programa de transferencia de unidades de apoyo, tecnología y capacitación. Guatemala, CENGICAÑA. 18 p.
11. Orozco, H; Catalán, M; Castro, O; Quemé, J. 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala, CENGICAÑA. 40 p.
12. Pitty, A. 1997. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Honduras, Escuela Agrícola El Zamorano. 300 p.
13. Simmons, Ch; Tárano T, JM; Pinto Zúñiga, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

14. Tasistro Souto, A. 2000. Métodos para evaluar efectividad en el control de malezas. Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza no. 2000:25-35.
15. Ware, GW; Whitacre, DM. 2004. The pesticide book. 6 ed. Willoughby, Ohio, US, Meister Media Worldwide. 488 p.

## 2.10 ANEXOS

Mapa de la finca Cristóbal I & II perteneciente al Ingenio La Unión, en el cual se observa que las secciones 5 y 6 pertenecen específicamente a Cristóbal II, conformando Cristóbal I las secciones restantes (secciones 1, 2, 3, 4, y 7).

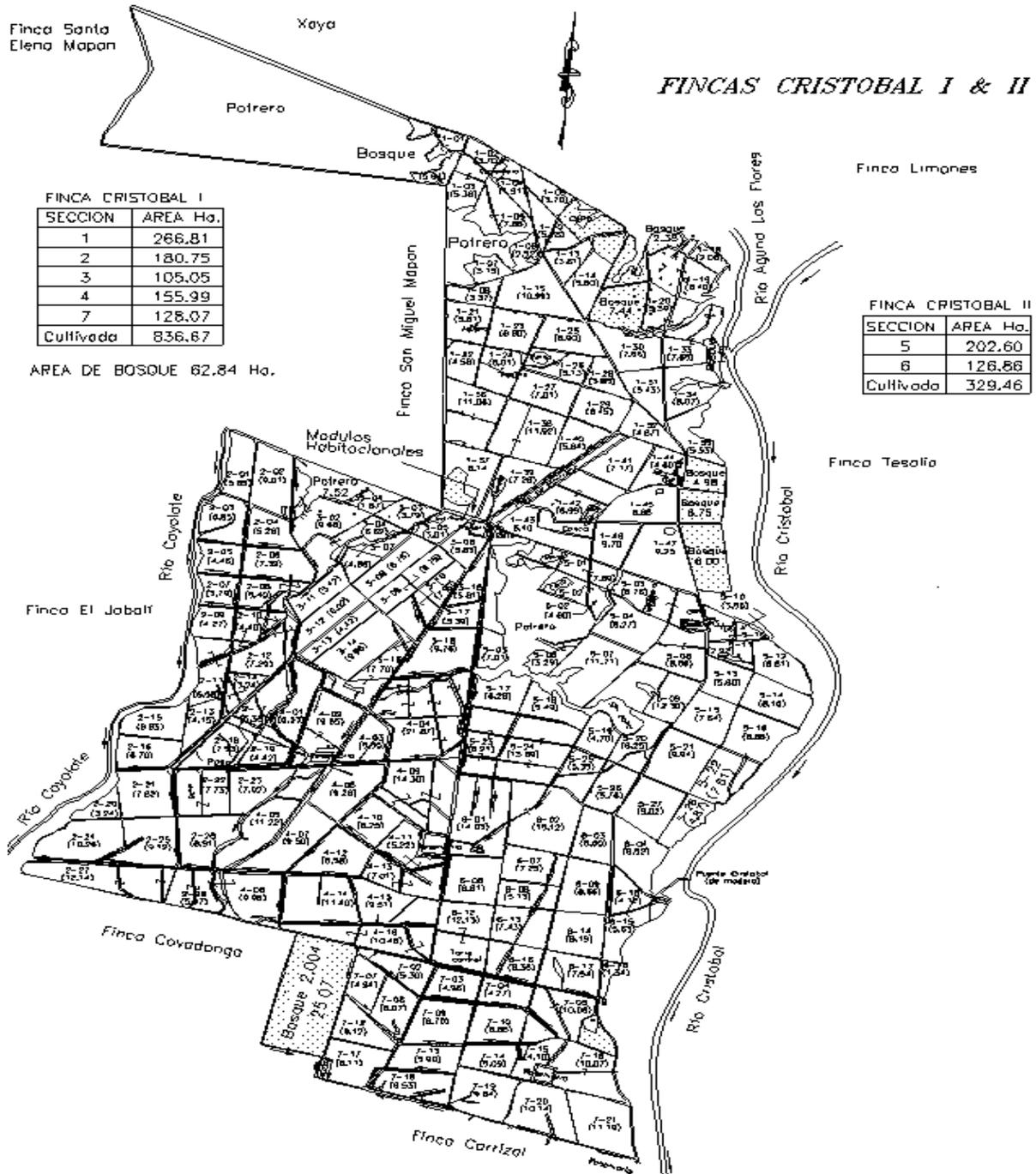


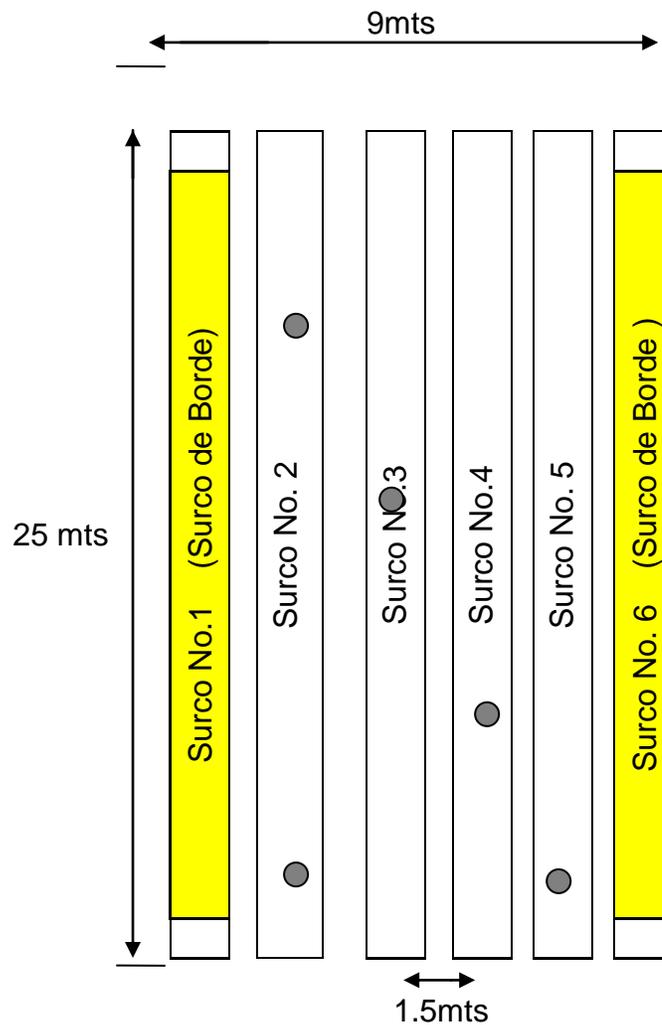
Figura 18A: Finca Cristóbal I & II, Ingenio La Unión.

Croquis de campo que muestra la parcela bruta, la cual estuvo formada de 6 surcos con una longitud de 25 mts cada uno con una distancia entre surcos de 1.5 mts, con un área de 225 mts<sup>2</sup>. La parcela neta estuvo formada de 4 surcos al centro con un surco de borde en cada extremo, conformada por un área de 150 mts<sup>2</sup>.



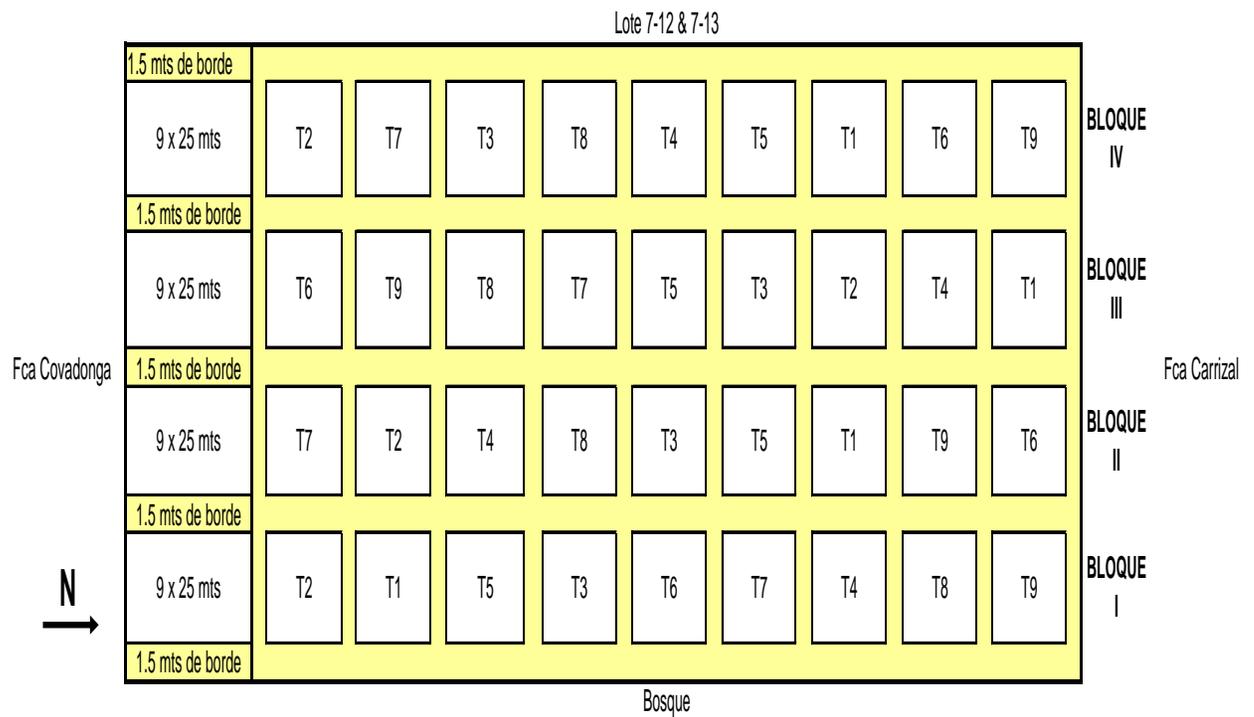
**Figura 19A:** Croquis de campo (parcela bruta y neta).

Croquis de campo de cada tratamiento, en el cual cada círculo representa una unidad de muestreo para evitar sesgo de la información. Los surcos 2, 3, y 4 tendrán una unidad de muestreo distanciadas a 5 mts de cada surco, el surco 5 tuvo dos unidades de muestreo separadas a 15 mts entre ellas, la distancia entre puntos de muestreo y la cabecera de las parcelas fue de 5 mts. Los surcos 1 y 2 fueron los de borde, los cuales no se tomaron en cuenta para la toma de datos para evitar malas lecturas debido a la deriva del producto que se pudo presentar.



**Figura 20A:** Croquis de cada tratamiento del ensayo de campo.

Croquis de campo que muestra la aleatorización de los tratamientos dentro de cada uno de los cuatro bloques.



**Figura 21A:** Croquis de campo.

Análisis de varianza (ANDEVA) de los diferentes tratamientos, para las variables de % de control sobre la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), fitotoxicidad, altura de plantas y largo de entrenudos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) al final de la investigación.

PORCENTAJE DE CONTROL					
F.V.	G.L.	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	8	354.46	44.31	18.75	0.0001
Bloque	3	33.00	11.00		
Error Experimental	24	56.72	2.36		
Total	35	444.19			

C.V. (%) = 32.57

PORCENTAJE DE FITOTOXICIDAD					
F.V.	G.L.	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	8	104.46	13.06	121.55	0.0001
Bloque	3	1.24	0.41		
Error Experimental	24	2.58	0.11		
Total	35	108.27			

C.V. (%) = 14.92

ALTURA DE PLANTAS (Cm)					
F.V.	G.L.	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	8	2392.77	299.09	4.05	0.0036
Bloque	3	125.88	41.96		
Error Experimental	24	1772.61	73.86		
Total	35	4291.27			

C.V. = 10.05

LARGO DE ENTRENUDOS (Cm)					
F.V.	G.L.	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	8	17.05	2.13	3	0.02
Bloque	3	2.37	0.79		
Error Experimental	24	17.05	0.71		
Total	35	36.47			

C.V. (%) = 7.87

**Cuadro 22A:** Análisis de varianza (ANDEVA) para cada variable incluida en la investigación.



### **CAPITULO III**

**SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO  
DE MALEZAS Y FERTILIZACIÓN,  
INGENIO LA UNIÓN S.A., SANTA LUCÍA COTZ., ESCUINTLA.**

### 3.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de la caña de azúcar es normalmente afectado en su desarrollo por la competencia de agua y nutrientes con una diversidad de malezas que, provienen de muchas especies de hoja ancha que tienen raíces superficiales (5-10 cm) y gramíneas que poseen raíces más profundas (hasta 20 cm), estas últimas son capaces de cubrir en un 60% el área de la plantación dificultando grandemente el adecuado crecimiento del cultivo.

El control manual de malezas es de un alto costo, representa un 30% del total de las labores en donde se realiza el arranque principalmente de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) en áreas con una alta incidencia de esta maleza por lo cual fue necesario evaluar 6 dosis de herbicida pre-emergentes para el control químico de la caminadora (*R. cochinchinensis*), y así encontrar las mejores alternativas al menor costo posible.

Para el adecuado control de malezas es necesario utilizar maquinaria e implementos agrícolas, especialmente cuando se utiliza el método mecánico y/o químico. El control mecánico se basa en el efecto que sobre las malezas ejercen los implementos acoplados al tractor. Una buena preparación de tierras permite a la plantía emerger con muy pocas malezas. Pasos sucesivos de cultivadores o labores de aporque, ayudan también a controlar las malezas. Para llevar a cabo el control químico es necesario el uso de tractores, tanques de agroquímicos o aspersores de aguiones

En algunas áreas de la zona cañera podemos encontrar suelos compactados, la compactación resulta de la compresión mecánica de partículas de suelo y agregados (muchas partículas de suelo juntas en un solo grupo o terrones). La compactación tiene como resultado el rompimiento de los agregados de suelo más grandes, y la reducción o eliminación de espacios (o poros) entre las partículas de suelo. Mientras más grandes y numerosos sean los agregados del suelo, mayores serán los espacios (poros) dentro del suelo. Esto facilita mayor movimiento de aire y agua, requerido tanto por las raíces de las plantas como por los organismos vivos en el suelo.

La compactación del suelo puede medirse con un penetrómetro de suelos. Mientras más profundo y con facilidad penetre el suelo la sonda del penetrómetro de suelo, menor la compactación, y, por consiguiente, mejor el suelo. Una fuerza baja (bajo número de libras) significa que el suelo no está muy compactado. Menos compactación permite el desarrollo de raíces profundas, fácil flujo vertical de agua y aumento en los espacios o poros de suelo. El aumento de los espacios o poros de suelo, también, se correlaciona con una mayor estructura de agregados y un contenido de materia orgánica más elevado. Si el penetrómetro no penetra en el suelo fácilmente, existe compactación de las capas superficiales. Tal compactación restringirá el crecimiento de las raíces y el flujo vertical del agua.

Un cultivo comercial de caña de azúcar, que se pretende aprovechar durante varios años, con buen desarrollo y buenos rendimientos, requiere de un manejo adecuado desde una buena preparación de suelos hasta la cosecha. Dentro de las labores para una buena preparación de suelos se recomienda el paso de subsolador a 50 cm de profundidad para romper estratos o capas compactas del suelo, situadas por debajo del nivel de corte del arado y para que la planta desarrolle un sistema radicular más profundo, y más extenso que ayude a un mejor desarrollo y producción.

### **3.2 Servicio No. 1: EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE PENDIMENTALINA PARA EL CONTROL DE CAMINADORA *Rottboellia cochinchinensis*, FINCA JABALÍ III, INGENIO LA UNIÓN.**

#### **3.2.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.2.1.A *Rottboellia cochinchinensis* L. (Caminadora)**

Planta anual, robusta de 0,5 a 2,5 m de altura. Hojas planas y pubescentes, de 20 a 60 cm de largo. Tallo erguido. Inflorescencia en varios racimos axilares, compuestos por artículos cilíndricos, en cuyo interior se encuentran las semillas, que caen una vez maduras. Se reproduce por semillas.

Esta maleza es muy difícil y costosa controlarla, ya que muestra resistencia a los herbicidas de gramíneas. Muestra además resistencia a las aplicaciones preemergentes, ya que la envoltura de la semilla hace que su germinación sea lenta, su gran porte la coloca como una de las más competitivas (Leonardo, A. 1998).

##### **3.2.1.B Control de malezas**

El conocimiento de la competencia de las malezas con las plantas cultivables es probablemente tan viejo como la práctica de cultivo y el desarrollo de la agricultura moderna. Los primeros agricultores iniciaron la preparación del terreno con el fin de facilitar el desarrollo de las especies vegetales escogidas como cultivables y seguidamente eliminaban otras especies indeseables, que solían aparecer al unísono tan pronto se realizaba la plantación o siembra. Así fue que nació el manejo de malezas, cuyo objetivo era de evitar la competencia de las plantas indeseables y, así, elevar la producción agrícola.

Sin embargo, el hecho que las pérdidas causadas por las malezas son "ocultas" (todo lo contrario al daño causado por los insectos, roedores, enfermedades y otras plagas, lo que trae por consecuencia que el agricultor no vea la productividad perdida a causa de la incidencia de las malezas), ha ocasionado que no se entienda la importancia del desyerbe a tiempo para disminuir, al menos, parcialmente los efectos negativos de las malezas en los cultivos, por lo que también esta actividad queda igualmente "oculta" y no es

reconocida en toda su extensión por los agricultores. La comprensión de los principios y de algunas complejidades de la interacción entre las plantas elevaría el conocimiento sobre la importancia de la interferencia de las malezas en los sistemas agrícolas (Rincones, C. 1986).

En años recientes los malezólogos han realizado numerosos estudios sobre el carácter inhibitorio de una serie de sustancias liberadas por los órganos de las malezas sobre el crecimiento de las plantas cultivables. Este fenómeno es conocido como alelopatía, el cual causa efectos depresivos importantes sobre algunas especies vegetales en condiciones determinadas. El efecto combinado de la competencia y la alelopatía es denominado interferencia. La mayor parte del daño de las malezas es el resultado de la lucha por los elementos vitales de crecimiento (luz, agua y nutrientes).

El control de las malezas se puede realizar de las siguientes formas: manual, mecánico y químico. Debido a que la investigación está orientado al uso de un herbicida preemergentes nos enfocaremos en el control químico.

### **3.2.1.C Control químico**

La gran mayoría de los productos químicos requieren que las malezas estén comenzando su germinación o estén en etapas iniciales de crecimiento, y que haya suficiente humedad en el suelo, para actuar eficientemente. El producto o productos químicos a utilizar deberán ser seleccionados en función de los tipos de malezas predominantes. Este control es más eficaz y económico, cuando la maleza no ha emergido. La mejor hora para su aplicación es en la mañana porque los estomas están abiertos, y para una mejor eficiencia del producto se debe utilizar un adherente para mayor penetración (Ware GW, Whitacre DM. 2004).

Para la caña hay dos épocas de aplicación de herbicidas:

Preemergente; cuando las malezas aun no han emergido o cuándo emergen con una o dos hojas.

Postemergente; cuando las malezas alcanzan 4 a 5 hojas y prácticamente su germinación es generalizada en todo el campo.

Antes de mencionar los diferentes productos herbicidas recomendados para ser utilizados en los cultivo, es importante recordar algunos principios básicos de los diferentes productos, en los cuales se basa un PROGRAMA DE CONTROL de malezas (Ware GW, Whitacre DM. 2004).

Una de las clasificaciones más usadas para agrupar los herbicidas los divide generalmente en tres grandes grupos según su actividad.

Herbicidas aplicados al follaje: Herbicidas de contacto

Herbicidas sistémicos

Herbicidas aplicados al suelo: Suelos-activos

#### **3.2.1.C.a Herbicidas de contacto**

Son productos químicos que se aplican al follaje de las plantas (malezas) y destruyen el vegetal por contacto directo con las hojas o partes verdes de las plantas, por esta razón es necesario un cubrimiento total del vegetal. La acción de los herbicidas puede reducirse si no se usa un volumen de agua suficiente para mojar bien la superficie de las hojas, se aconseja agregar un surfactante para mejorar el cubrimiento, en caso que el producto herbicida no lo posea incorporado en su formulación.

#### **3.2.1.C.b Herbicidas de traslocación o sistémicos**

Estos también se aplican al follaje de las plantas que se desea destruir, una vez que ellos toman contacto con las malezas, se mueven a través del sistema conductor y ejercen su acción lejos del punto de penetración. En general afectan puntos de activo crecimiento, normalmente se aconseja su uso para el control de malezas perennes (Humbert, R. P. 1974).

#### **3.2.1.C.c Herbicidas Preemergentes (suelo-activos)**

Los herbicidas de pre-emergencia son los que actúan en el suelo, atacando a las semillas, se aplican sobre la superficie del suelo limpio, en caso de existir malezas con un desarrollo superior a los 2-3 cms, en el momento de la aplicación se aconseja adicionar a la mezcla un herbicida de contacto o un sistémico.

Las dosis de cada uno de estos productos dependerán de las características del suelo, edad del cultivo y espectro de malezas existentes.

Normalmente no poseen actividad sobre el follaje de las malezas, sin embargo algunos de ellos pueden presentar cierta acción de contacto sobre malezas en germinación. En general estos productos son absorbidos por las raíces de las plantas en germinación o por las semillas en el proceso de imbibición, estos herbicidas permanecen actuando en el suelo por un período relativamente largo, dependiendo del producto, dosis y de las características físico - químicas del suelo entre 3 a 8 meses aproximadamente (Hance R.J. 1980).

Después de la aplicación de los herbicidas suelo-activos, se requiere de incorporación, lo cual puede ser natural a través de agua proveniente de las lluvias o a través de rastrajes superficiales. Una vez realizada esta incorporación y activación de los herbicidas, ellos son adsorbidos por coloides del suelo (materia orgánica y fracción arcilla), por lo que es imprescindible un conocimiento de ambos parámetros edáficos para estimar la dosis de herbicida correcta, es decir que proporcione un adecuado control de las malezas por un período de tiempo deseado, pero no cause fitotoxicidad a la especie sembrada (Ware GW, Whitacre DM (2004).

No hace mucho, el compuesto principal que se usaba para matar malas hierbas era el aceite del cárter, aplicado de manera muy liberal. Sin embargo, esto causaba problemas, el olor era desagradable, el aceite usado tendía a esterilizar el suelo, y las áreas donde habían residuos del lubricante quedaban descubiertas y en muy mal aspecto. Pero la ayuda estaba en camino, a pesar de que no sabíamos en ese momento.

Los científicos que estudian las plantas descubrieron que la aplicación de ciertas sustancias químicas provocaba que muchas plantas, en especial, aquellas con hojas de superficie grande, crecieran más rápido de lo que la raíz tardaba en fabricar alimento y enviarlo a las hojas. Esto hacía que la planta literalmente muriera.

Pero la habilidad de matar las malas hierbas por medio del rocío de sustancias químicas en las hojas es solo una forma de herbicida disponible hoy en día. Los científicos descubrieron que hay ciertas sustancias químicas que inhiben el crecimiento de nuevas plantas de semillero. Estos químicos reciben el nombre de herbicidas preemergentes. Por medio de una correcta aplicación de herbicidas preemergentes en la época apropiada, los agricultores pueden mantener los cultivos libres de malas hierbas (Ware GW, Whitacre DM (2004).

#### **3.1.2.C.c.i      Cómo funcionan los herbicidas preemergentes?**

Los herbicidas preemergentes son químicos que se aplican en la superficie del suelo eliminando los nuevos brotes que nacen de las semillas pero no las malas hierbas ya existentes. Primeramente, hay que tratar las malas hierbas del área que se quiere limpiar. Los herbicidas vienen en forma líquida o granulada. Para que sean efectivos, se deben aplicar antes de la germinación de las semillas, conformando una barrera química en la superficie del suelo evitando la germinación de las plantas durante períodos largos. Después de aplicar los preemergentes, hay que dejar reposar el suelo para no interrumpir la función de la barrera química.

Hay algunas medidas de precaución que hay que tener en cuenta cuando se usan estos herbicidas preemergentes: Se deben aplicar antes de que comience la temporada de crecimiento de malas hierbas. No se pueden usar en áreas donde se van a plantar verduras debido a que no toleran estos compuestos (Ware GW, Whitacre DM. 2004).

Un agricultor responsable siempre tiene que leer con atención y seguir las instrucciones y advertencias relacionadas en las etiquetas, antes de usar estos químicos en los campos de cultivos.

#### **3.1.2.C.c.ii      Beneficios de utilizar herbicidas preemergentes**

Si bien se necesita conocimiento, control del tiempo y preparación mínima cuando se usan estos químicos efectivos, los agricultores ahorran muchas, muchas horas de arduo trabajo. Por medio de la aplicación o del rocío de los preemergentes, en teoría, los agricultores

pueden contar con cultivos libres de malas hierbas y en consecuencia, permitir que las plantas usen todo el alimento y el agua que reciben y no los compartan con las malas hierbas. Y, sin duda, el cultivo lucirá mucho mejor si permanece libre de malas hierbas durante todo el ciclo (Ware GW, Whitacre DM. 2004).

### **3.1.2.C.c.iii Caracterización del herbicida pendimentalina (Dinitroanilinas): Inhibidores de la división celular**

Estos herbicidas de aplicación al suelo controlan plántulas gramíneas y algunas especies de hoja ancha en un amplio grupo de cultivos. Tienen baja solubilidad en agua y se adsorben a los coloides del suelo. Las dinitroanilinas que no se incorporan mecánicamente requieren de lluvia para su lixiviación hacia la zona de germinación de las semillas en el suelo. Estos herbicidas no tiene actividad foliar, pero se absorben fácilmente por las raíces de las plántulas en germinación e inhiben el crecimiento de la raíz, a la vez que interfieren con la mitosis. Las plántulas tratadas desarrollan un abultamiento de la punta de las raíces y el desarrollo de raíces laterales también es inhibido. Inicialmente las plantas tienden a desarrollarse, pero la falta de desarrollo radical conduce a la muerte. La selectividad se logra mediante la ubicación del herbicida en el suelo, como una incorporación poco profunda por encima de un cultivo sembrado profundamente, así como mediante el metabolismo del herbicida en la planta. Las dinitroanilinas brindan un período largo de control (FAO. 2008).

Pendimetalina no es fácilmente lixiviable y sus usos incluyen la aplicación PPI en algodón y soya; en pre-emergencia en maíz y caña de azúcar, especialmente para el control de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.), en trigo, cebada y girasol.

### 3.2.2 HIPOTESIS

- El herbicida pre-emergente Prowl H<sub>2</sub>O (pendimentalina) mezclado con Gesapax 50 SC (ametrina) + Igran 50 SC (terbutrina) + tótem 72 SL (2,4-D) a dosis de 4.0 1.82 + 1.14 + 1.14 lts/ha, tendrá un efecto significativo en el control de la caminadora (*Rottboellia conchinchinensis*), bajo condiciones de invierno.

### 3.2.3 OBJETIVOS

#### 3.2.3.A General

- Evaluar diferentes dosis del herbicida preemergente pendimentalina para el control químico de caminadora (*R. cochinchinensis*), en Finca Jabalí III, Ingenio La Unión, Nva Concepción, Escuintla.

#### 3.2.3.B Específicos

- Determinar el rango de dosis de pendimentalina que proporcione una efectividad biológica aceptable y que se adapte a las condiciones de Finca Jabalí III.
- Cuantificar el efecto días control del herbicida sobre la maleza *R. conchinchinensis*.

### 3.2.4 METODOLOGÍA

#### 3.2.4.A Descripción y Dosis de Herbicidas

La aplicación se realizó en caña plantía de la variedad CP72-2086, los productos que conformaron la mezcla son cuatro, entre los cuales se aplicó un herbicida preemergente (Prowl H<sub>2</sub>O) y otros tres herbicidas postemergentes (Ametrina, Terbutrina) para ejercer control sobre gramíneas y (Tótem) para control de hoja ancha.

**Cuadro 14:** Tratamientos donde se detalla el nombre comercial y dosis de los productos utilizados en la evaluación del herbicida preemergente Prowl H<sub>2</sub>O (pendimentalina).

TRATAMIENTO	DOSIS
T1= Testigo Absoluto	Sin Producto
T2 = Prowl H <sub>2</sub> O + Gesapax 50 SC + Igran 50 SC + Totem 72 SL	3.0 + 1.82 + 1.14 + 1.14 lts/ha
T3 = Prowl H <sub>2</sub> O + Gesapax 50 SC + Igran 50 SC + Totem 72 SL	4.0 + 1.82 + 1.14 + 1.14 lts/ha
T4 = Prowl H <sub>2</sub> O + Gesapax 50 SC + Igran 50 SC + Totem 72 SL	5.0 + 1.82 + 1.14 + 1.14 lts/ha
T5 = Prowl H <sub>2</sub> O + Gesapax 50 SC + Igran 50 SC + Totem 72 SL	6.0 + 1.82 + 1.14 + 1.14 lts/ha
T6 = Prowl H <sub>2</sub> O + Gesapax 50 SC + Igran 50 SC + Totem 72 SL	7.0 + 1.82 + 1.14 + 1.14 lts/ha
T7 = Prowl H <sub>2</sub> O + Gesapax 50 SC + Igran 50 SC + Totem 72 SL	8.0 + 1.82 + 1.14 + 1.14 lts/ha

Aditivo: Agrotin 0.25 lts/tonel, en todos los tratamientos.

#### 3.2.4.B Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar (DBA), con 4 repeticiones. El modelo estadístico utilizado es el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el ij-ésimo bloque.

$\mu$  = Efecto de la media general de la variable de respuesta.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

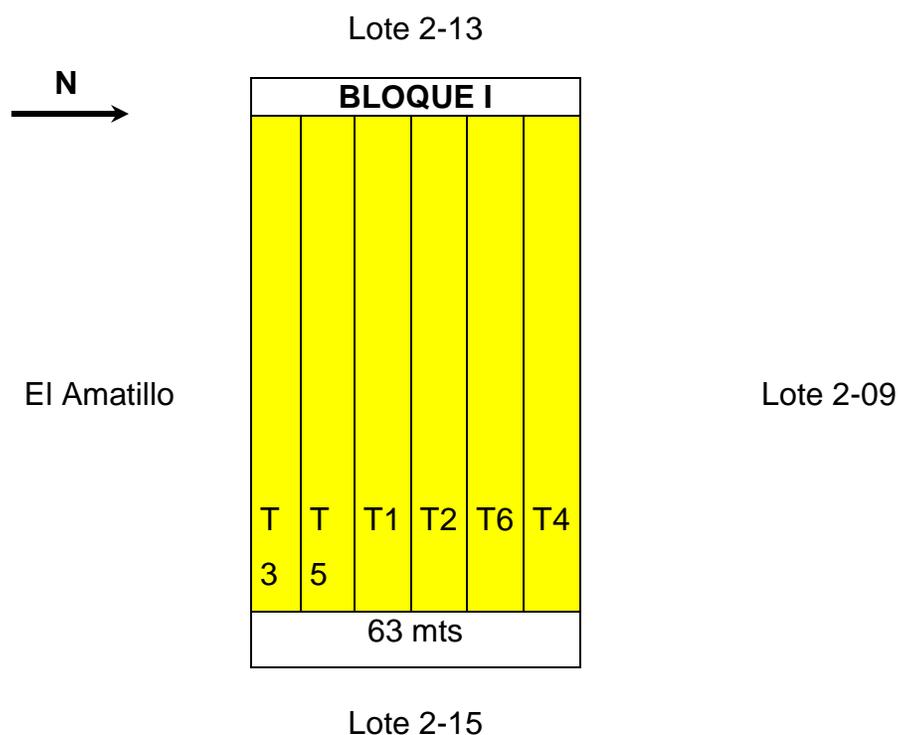
$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

### 3.2.4.C Tamaño de la Unidad Experimental

El tamaño de la unidad experimental fue de 7 surcos con una longitud de 315 metros cada uno, y con una distancia entre surcos de 1.5 metros por lo cual el área bruta por parcela fue de 3,307.5 metros cuadrados.

Cada parcela estuvo comprendida por 1 surco de borde en cada extremo y 5 surcos localizados al centro los cuales constituyeron cada parcela neta, lo cual hizo un área de 2,362.5 metros cuadrados.

Los tratamientos se ubicaron en 5 bloques distribuidos al azar con 6 tratamientos cada uno a excepción del bloque 3 en donde se distribuyeron 7 tratamientos incluyendo el testigo absoluto como único testigo en la evaluación (ver figura), en la figura 23 se puede observar el bloque I el cual estuvo formado de 6 parcelas en donde se distribuyeron cada uno de los tratamientos.



**Figura 23:** Descripción gráfica de la distribución de los diferentes tratamientos que conforman el bloque I.

#### 3.2.4.D Delimitación de Parcelas (Estaquillado)

En cada parcela que constituyeron los tratamientos, se colocaron estacas en sus cuatro esquinas. La altura de las estacas fue de 75 cm, lo cual dependió del estado de desarrollo de la caña.

#### 3.2.4.E Equipo de Aplicación

Se utilizó un tanque para el abastecimiento de agua, un aspersor de aguilón con capacidad de 600 lts con boquillas TF 2.0, cubetas, una probeta de 100, 500 y 1000 ml.

#### 3.2.4.F Calibración

Previo a la aplicación la maquinaria y el equipo fueron revisados para detectar algún defecto que pudiera afectar la descarga de la boquilla.

Para realizar la calibración se utilizó el método en base a volumen para calibrar el equipo de aplicación, la cual se realizó de la siguiente manera:

- Se midió la distancia en metros que recorrió el tractor en un minuto, para evitar errores se recorrió la distancia tres veces a una velocidad y presión constante.
- Con el ancho de la rociadura de la boquilla y la distancia recorrida en un minuto se determinó el área que se asperjó en ese minuto, cuya área fue de 85 mts<sup>2</sup>.
- Se obtuvo el promedio de la descarga de las 8 boquillas durante un minuto, con estos datos se calculó el volumen de agua en litros que se debía de utilizar para cada tratamiento:

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Descarga promedio de las boquillas} \times 10,000 \text{ m}^2/\text{ha}}{\text{Área asperjada en un minuto}}$$

- Según la calibración y los respectivos cálculos el volumen de agua que se utilizó fue de 200 lts/ha.

### 3.2.4.G Variables de Respuesta

#### 3.2.4.G.a Porcentaje De Control (PC)

Para calcular el porcentaje de control se evaluó la cobertura de malezas, se utilizó el método cualitativo de la “evaluación visual”, debido a que este método ha sido utilizado en gran escala ya que su practicidad supera a sus limitaciones y principalmente porque los métodos cualitativos ofrecen datos más aplicables que los métodos cuantitativos debido a que la cobertura de malezas está más relacionada con su capacidad de interferir con el cultivo que la densidad considerada aisladamente. Se realizaron semanalmente evaluaciones visuales en las parcelas experimentales después de la aplicación, utilizando la escala lineal con intervalos constantes, en donde los intervalos de la escala porcentual de 0 a 100 aumentan en progresión aritmética (Tasistro Souto, A. 2000).

Aprovechando que el tamaño de las parcelas y la altura de la caña permitieron realizar esta evaluación, se determinó la cobertura de malezas que cubría el área a evaluar y se estimó el porcentaje de control en cada tratamiento utilizando la fórmula ejemplificada para una especie hipotética “A”:

$$\text{Porcentaje de control de A} = \frac{\text{cobertura de A en testigo} - \text{cobertura de A en parcela}}{\text{cobertura de A en testigo}} \times 100$$

El procedimiento para evaluar el porcentaje de control fue el siguiente:

- Se ubicó el testigo en el bloque I del ensayo, en el cual se determinó la cobertura de maleza presente. El porcentaje de control (PC) para cada testigo fue 0%, el testigo siempre fue el punto de comparación con los tratamientos de esa repetición.
- Se realizó un caminamiento por cada parcela del bloque, para determinar la cobertura de maleza presente y así calcular el porcentaje de control (PC). Se repitieron los pasos anteriores para cada bloque.
- Se utilizó la fórmula de  $R^2$  para corregir los datos obtenidos de fitotoxicidad y el porcentaje de control (PC), con el objetivo de normalizar los datos y así estabilizar la varianza evitando sesgos en la información.

### **3.2.4.G.b Días Control**

Debido a que se utilizó la escala lineal para determinar la cobertura de maleza y en esta escala se considera que el porcentaje de control mínimo aceptable es 80% pudiendo variar este valor a criterio del investigador (Tasistro Souto, A. 2000).

De acuerdo a la alta densidad de maleza que se presenta en la finca Jabali III, en la cual se realizó la presente evaluación se buscó determinar que dosis de herbicida preemergente era capaz de ejercer un control eficaz sobre la caminadora (*R. cochinchinensis*) para buscar el cierre del cultivo realizando una sola aplicación, por lo cual se determinó como aceptable un porcentaje de control mínimo de 50%. El número de días control en cada tratamiento se determinó cuando la parcela evaluada presentó un control por debajo de la cifra mínima aceptable.

### **3.2.4.H Análisis de la Información**

#### **3.2.4.H.a Análisis Estadístico**

- Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con los datos obtenidos de la variable de respuesta porcentaje de control.
- Según Tasistro Souto, A. (2000), los valores porcentuales normalmente no se analizan estadísticamente, por lo cual antes de realizar el análisis estadístico se procedió a normalizar los datos de porcentaje de control utilizando la fórmula de  $R^2$  para estabilizar la varianza.
- Debido a que las diferencias resultaron ser significativas se procederá a realizar la prueba de medias TUKEY.

#### **3.2.4.H.b Análisis Económico**

- Se analizaron los datos de los días control en función de los costos.
- Al momento de visualizar un porcentaje de control debajo de 50% se determinaron los días control efectivos en cada tratamiento, este dato se utilizó para calcular el costo por día de cada tratamiento.

Partiendo del precio de compra de cada producto se procedió a calcular el costo total por mezcla o tratamiento, este es el costo por el total de días que el tratamiento ejerció un control bueno a aceptable, el costo por día de cada tratamiento se obtuvo de dividir el costo total de cada mezcla por el total de los días control obtenidos en cada tratamiento.

### 3.2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que en la Finca Jabalí III, la densidad de la maleza caminadora (*R. cochinchinensis*) es demasiado alta, se decidió evaluar seis dosis de pendimentalina (Prowl H<sub>2</sub>O) en diferentes mezclas para el control de esta maleza, en esta finca se utiliza una dosis de 4 lts/ha de pendimentalina alcanzando únicamente 40 días control por lo que fue necesario evaluar dosis más altas, para obtener una mejor eficacia y un mayor número de días control.

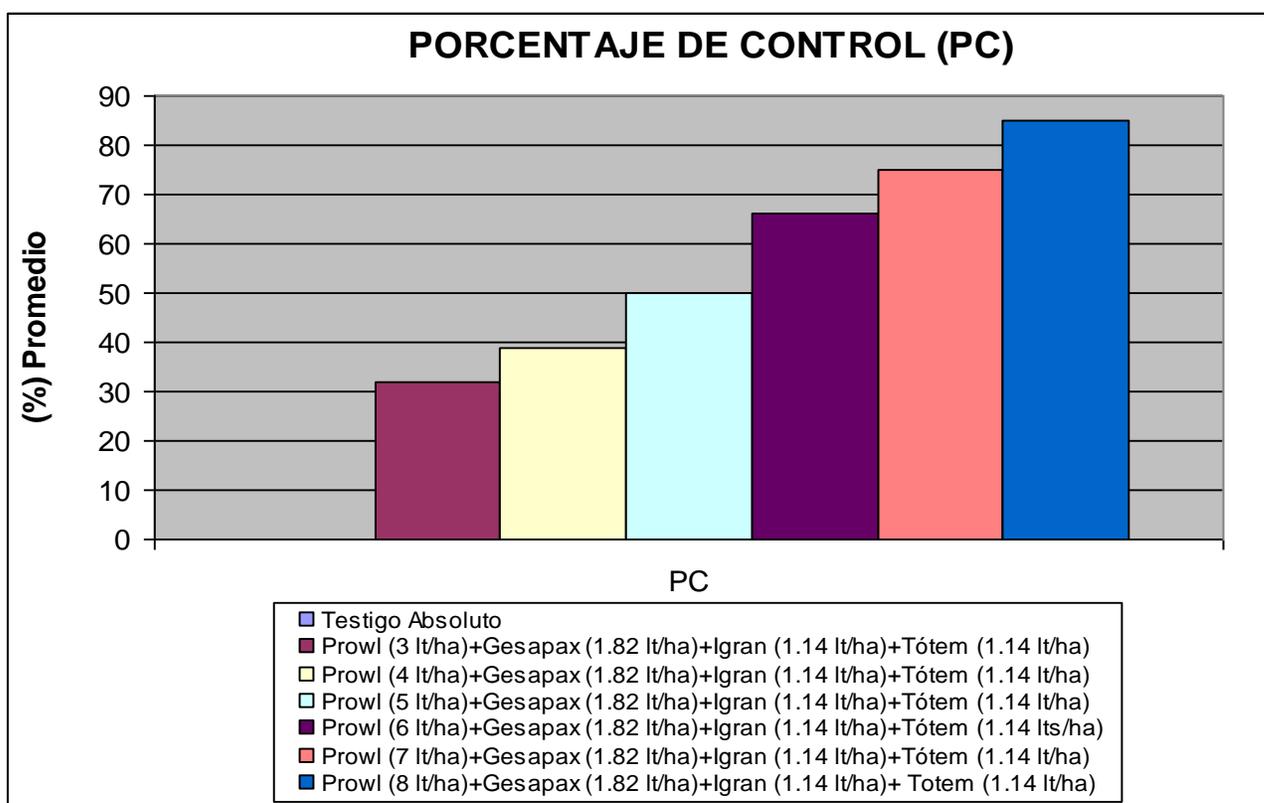
#### 3.2.5.A Porcentaje De Control

El porcentaje de control en el testigo absoluto fue de 0% ya que este no mostró control alguno, el tratamiento tres fue el testigo comercial con una dosis de 4.0 lt/ha de pendimentalina, este presentó un porcentaje de control de 39% muy parecido al porcentaje presentado por el tratamiento dos con una dosis más baja de pendimentalina (3.0 lt/ha) ya que este obtuvo un porcentaje de 32%, por lo que el testigo comercial se descarta.

**Cuadro 15:** Descripción de tratamientos con su respectivo porcentaje de control (PC).

TRATAMIENTO	DOSIS (lts/ha)	PORCENTAJE DE CONTROL (PC)
T1	Testigo Absoluto	0
T2	Prowl (3.0)+Gesapax (1.82)+Terbutrina (1.14)+Tótem (1.14)	32
T3	Prowl (4.0)+Gesapax (1.82)+Terbutrina (1.14)+Tótem (1.14)	39
T4	Prowl (5.0)+Gesapax (1.82)+Terbutrina (1.14)+Tótem (1.14)	50
T5	Prowl (6.0)+Gesapax (1.82)+Terbutrina (1.14)+Tótem (1.14)	66
T6	Prowl (7.0)+Gesapax (1.82)+Terbutrina (1.14)+Tótem (1.14)	75
T7	Prowl (8.0)+Gesapax (1.82)+Terbutrina (1.14)+Tótem (1.14)	85

Como se puede observar en la gráfica los tratamientos que superaron el 50% de porcentaje de control (PC) fueron los tratamientos cinco, seis y siete con dosis de 6.0, 7.0 y 8.0 lts/ha respectivamente alcanzando 66, 75 y 85 en el porcentaje de control.



**Figura 24:** Porcentaje de control presentados con las diferentes dosis de pendimentalina.

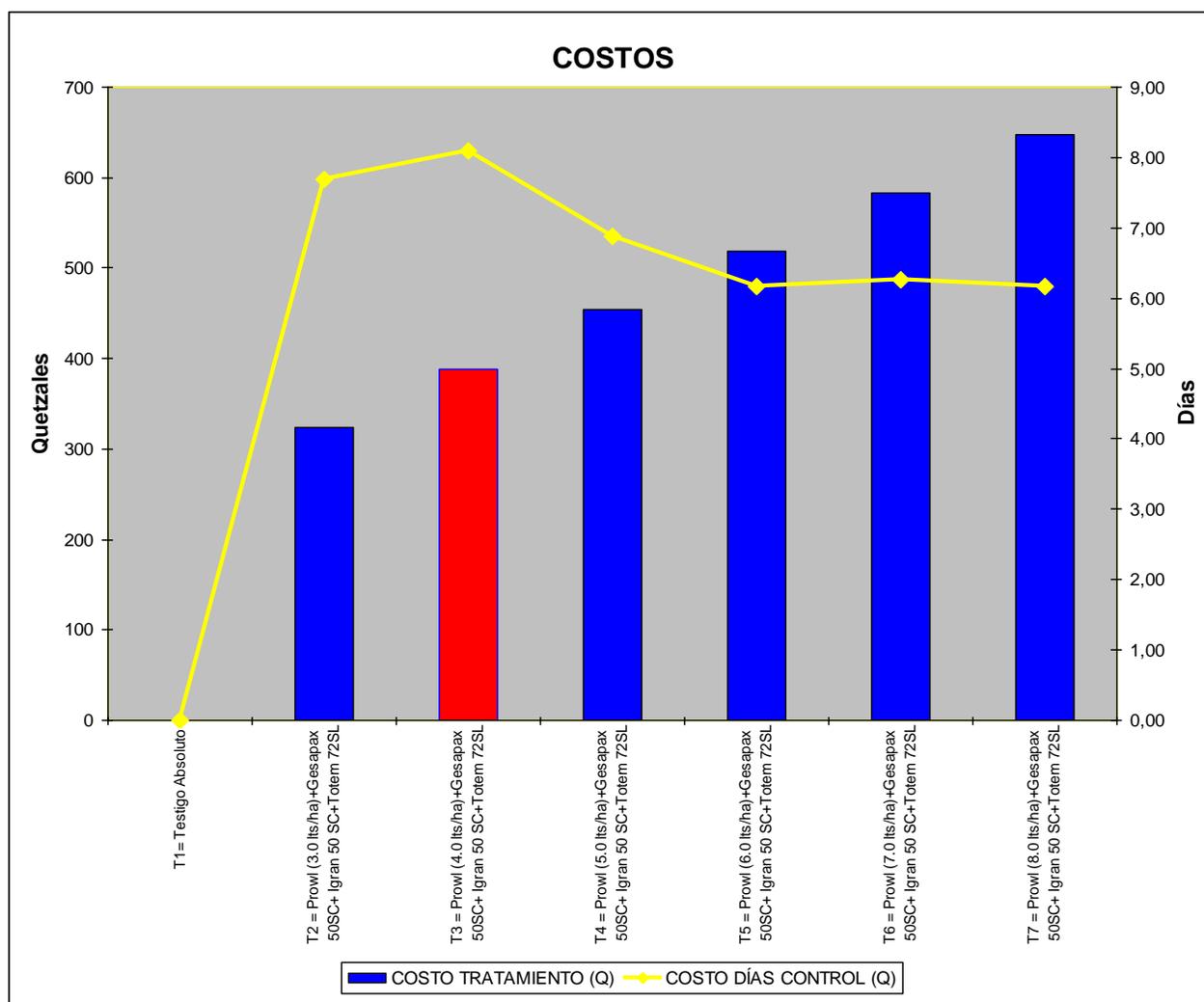
### 3.2.5.B Días Control

Los mejores tratamientos son el número cinco con una dosis de 6 lt/ha, el seis con una dosis de 7.0 lt/ha y el número siete con una dosis de 8 lt/ha ya que estos tratamientos alcanzaron 84, 93 y 105 días de control respectivamente.

**Cuadro 16:** Cuadro de tratamientos donde se muestran los costos.

TRATAMIENTO	DÍAS CONTROL	COSTO TRATAMIENTO (Q)	COSTO DÍAS CONTROL (Q)
T1= Testigo Absoluto	0	0	0,00
T2 = Prowl (3.0 lts/ha)+Gesapax 50SC+ Igran 50 SC+Totem 72SL	42	323,23	7,70
T3 = Prowl (4.0 lts/ha)+Gesapax 50SC+ Igran 50 SC+Totem 72SL	48	388,78	8,10
T4 = Prowl (5.0 lts/ha)+Gesapax 50SC+ Igran 50 SC+Totem 72SL	66	453,63	6,87
T5 = Prowl (6.0 lts/ha)+Gesapax 50SC+ Igran 50 SC+Totem 72SL	84	518,48	6,17
T6 = Prowl (7.0 lts/ha)+Gesapax 50SC+ Igran 50 SC+Totem 72SL	93	583,33	6,27
T7 = Prowl (8.0 lts/ha)+Gesapax 50SC+ Igran 50 SC+Totem 72SL	105	648,18	6,17

En cuanto a costos se recomienda el tratamiento número 5 (6 lts/ha de pendimentalina), ya que este es el más barato de los cuatro que resultaron ser efectivos presentando un costo días control de Q 6.17, tomando en cuenta que este alcanzo 84 días de control, 36 días más de control que los días alcanzados por el testigo comercial (3 lts/ha de pendimentalina). Esta mezcla resulta con un costo de Q 6.17 por día control.



**Figura 25:** Gráfica donde se presentan los costos de cada tratamiento.

### 3.2.6 CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de la Finca Jabalí III, en un suelo arcilloso (contenido > de 40% de arcilla) la dosis de 6 lts/ha de pendimentalina (Prowl H<sub>2</sub>O 45.5 EC) presento una eficacia aceptable (66%) en cuanto al control de *R. cochinchinensis*.
- El rango de dosis de pendimentalina (Prowl H<sub>2</sub>O 45.5 EC) que proporcionaron una efectividad biológica aceptable fueron las dosis de 6.0, 7.0 y 8.0 lts/ha, adaptándose de manera adecuada para suprimir y/o detener la germinación y crecimiento de las malezas,
- La dosis de 6.0 lts/ha de pendimentalina es la adecuada para utilizar en este tipo de suelo con un alto contenido de arcilla (50.19%), debido a que alcanzo 93 días control, un costo menor de mezcla de Q 518.48 y un costo de Q 4.11 por día control.

### 3.2.7 RECOMENDACIONES

- Bajo las condiciones de la Finca Jabalí III (suelo arcilloso), para el control de *R. cochinchinensis* se recomienda utilizar las dosis de 6.0, 7.0 y 8.0 lts/ha, la dosis a utilizar estará en función de la densidad de malezas en el área y el costo/ha de la mezcla.
- Debido a que en un suelo arcilloso disminuye la eficacia del herbicida, se recomienda aumentar la dosis de pendimentalina de 4.0 a 6.0 lt/ha debido a que la diferencia en cuánto a eficacia fue de un 27%.

### 3.2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. British Crop Protection Council, UK. 2000. Pesticide manual: world compendium, Tomlin, CDS (Ed.). 12 ed. Farnham, Surrey, UK. 1250 p.
2. FAO, IT. 1998. Manejo de malezas para países en desarrollo (en línea). Italia. (Estudio FAO, Producción y Protección Vegetal). Consultado 15 mar 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s00.htm#Contents>
3. Hance, RJ. 1980. Interactions between herbicides and the soil. Londres, Reino Unido, Academic Press. 349 p.
4. Humbert, RP. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719.
5. Leonardo, A. 1998. Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, CENGICANA. 131 p.
6. Muñoz, A. 2007. Control químico y manual de malezas (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión S.A.
7. Rincones, C. 1986. El control de malezas en caña de azúcar. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias 2(20):36-38.
8. Rodríguez, GS; Rodríguez, BJ; Alfonso, O; Aloma, J; Pérez, C; Romero, C. 1985. Manual de malezas de la caña de azúcar en Cuba. England, ICI Plant Protection Minaz / Universidad Central de Las Villas. 128 p.
9. Tasistro Souto, A. 2000. Métodos para evaluar efectividad en el control de malezas. Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza no. 2000:25-35.
10. Ware, GW; Whitacre, DM. 2004. The pesticide book. 6 ed. Willoughby, Ohio, US, Meister Media Worldwide. 488 p.

### **3.3 Servicio No. 2: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SUBSOLAR EN EL GRADO DE COMPACTACIÓN DEL SUELO, EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum officinarum* (SOCA), EN ÁREAS DE INGENIO LA UNIÓN, ZAFRA 2,007-08.**

#### **3.3.1 MARCO TEÓRICO**

##### **3.3.1.A Suelo y subsuelo**

La parte superficial de la corteza terrestre, que está constituida por un mínimo de materia orgánica (5 ó 6% de sustancias de origen vegetal o animal) y alta proporción de elementos minerales (94%), forma lo que denominamos suelo (que también se define como capa laborable).

La distribución de la vida de las plantas y de los animales sobre la superficie de la tierra, está íntimamente ligada a las condiciones del suelo. De su fertilidad y aridez dependen el desarrollo de la vegetación y la abundancia de la fauna. Las diversas sustancias que componen el suelo (arenas, arcillas, humus) se han ido depositando durante el proceso de formación, de acuerdo con sus respectivas densidades: aflora la tierra vegetal (humus o mantillo) tendida sobre capa arcillosa, que a su vez cubre los estratos arenosos que se apoyan en el subsuelo (Jaramillo, D. F. 2002).

El subsuelo ocupa, como lo indica el vocablo, el estrato situado inmediatamente debajo del suelo o capa arable; forman parte de su composición, rocas y minerales de todo tipo.

##### **3.3.1.B Generalidades de la compactación del suelo**

La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en: Implementos de labranza del suelo, cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre, pisoteo de animales (Casanova, 1991).

En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo

condiciones de intensivo uso agrícola que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas (Casanova, 1991).

### **3.3.1.C Efectos de la compactación del suelo**

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación va a producir un patrón de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con una escasa exploración del volumen total del suelo (Gavande, 1973).

La forma más fácil de medir el grado de compactación del suelo es la determinación del valor de la densidad aparente, si bien este parámetro presenta unos valores críticos diferentes según la textura del suelo en su capa compactada. A medida que la textura se hace más gruesa la densidad aparente presenta un valor crítico más alto. Este hecho es lógico porque la macroporosidad, que es la más afectada por el fenómeno de compactación, se ve menos influida por la disminución general de porosidad a medida que la textura se hace más arenosa y el dominio de los poros gruesos es más amplio (Jaramillo, 2002).

Adicionalmente, se ha demostrado que la compactación del suelo es dañina, cuando ocurre en los primeros 50 cm de la superficie del suelo, donde ocurre el mayor crecimiento radical de las plantas (Foster y Blaine, 1978). Cuando el suelo es compactado, se reduce o se destruye el sistema de macroporos presente en el suelo.

Los macroporos son importantes para el movimiento del agua y el aire en el suelo y sin ellos se presentan condiciones anaeróbicas en la etapa de crecimiento. Al ocurrir condiciones anaeróbicas en el suelo, se reduce el oxígeno disponible, trae como consecuencia reducción en la desnitrificación, pérdida de nutrimentos en las raíces y cambios en el metabolismo de las plantas.

Otros estudios en suelos compactados demuestran que las raíces que encuentran mayor resistencia mecánica tienden a crecer menos y a ser más finas y con más ramificaciones laterales que en suelos no compactados (Materechera et al., 1991).

Cuando las raíces se encuentran en un suelo demasiado denso, no pueden penetrar y cambian la dirección de crecimiento o detienen su crecimiento. Esto ocurre frecuentemente en ambientes descritos anteriormente, donde las raíces de plantas sembradas sujetas a suelos compactados, tienden a crecer solamente en los primeros 20 cm de profundidad esto aumenta el área superficial del sistema radical por volumen de suelo a diferentes profundidades. (Jiménez, J.; Puentes, H.; & Leiva, F. 1992).

También la disponibilidad de nutrientes y de agua tiende a ser poca o ninguna. Niveles extremos de compactación pueden romper raíces finas de 1-2 mm de diámetro. Los síntomas típicos de las plantas afectados por la compactación del suelo fluctúan desde la reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas (Foster y Blane, 1978), caída masiva de las hojas, pérdida de las propiedades físicas y eventualmente la muerte.

El contenido de agua es un factor muy asociado al grado de compactación de los suelos.

#### **3.3.1.D Aireación del suelo**

Desde el punto de vista edafológico, la aireación del suelo se considera con relación al crecimiento de las plantas. En consecuencia, un suelo bien aireado es aquel en el cual los gases están disponibles para el crecimiento de los organismos aeróbicos (particularmente las plantas cultivadas) en cantidades suficientes y en la proporción adecuada para asegurar tasas óptimas en los procesos metabólicos esenciales de estos (González & Castro, 1990).

De acuerdo con Guédez et al (1995); La aireación deficiente que resulta de un pobre drenaje y del anegamiento o de la compactación mecánica del suelo, puede inhibir grandemente el crecimiento del cultivo.

La mayor parte de los cultivos sólo pueden desarrollarse en forma vigorosa si la concentración de  $\text{CO}_2$  alrededor de sus raíces no es demasiada alta y la de  $\text{O}_2$  demasiado baja. Por ello, las velocidades de transferencia de  $\text{CO}_2$  desde la zona de la raíz a la atmósfera y de  $\text{O}_2$  desde la atmósfera a la zona radicular son propiedades del suelo de fundamental importancia para el cultivo, y en suelos húmedos, la velocidad de penetración

de  $O_2$  limita probablemente con más frecuencia al desarrollo de la raíz que la velocidad de eliminación de  $CO_2$ : el aporte  $O_2$  en los suelos húmedos es tan importante como el aporte de agua en los secos (Guédez et al, 1995).

### **3.3.1.E Importancia de la Compactación del Suelo**

Las capas compactadas formadas por el tráfico y por los equipos herramientas de labranza se encuentran a menudo debajo de la capa arable y pueden reducir dramáticamente la profundidad hasta donde puede penetrar la raíz de la alfalfa, lo que a su vez reduce el crecimiento y el rendimiento.

Las prácticas de labranza no siempre producen capas compactadas y la compactación es más probable en suelos arenosos. Por esta razón, antes de pensar en formas de corregir la compactación, se debe determinar si realmente existe problema (Narro, F. E. 1994).

El determinar la presencia y localización de las capas compactadas en el campo es el primer paso para resolver el problema. Las capas compactadas que tengan una lectura de penetrómetro mayor a 300 libras por pulgada cuadrada (psi) probablemente reducirán el rendimiento. No se encuentran raíces en suelos con lecturas de penetrómetro mayores a 500 psi.

Si no se tiene un penetrómetro graduado, se puede fabricar uno casero soldando una manija a una varilla de acero de 2 1/2 pies de largo que tenga una punta afilada. Las lecturas con el penetrómetro calibrado o casero deben hacerse cuando la humedad el suelo es adecuada para la labranza. Si la humedad es baja, los capas compactadas son más duras de penetrar con el instrumento y esto hace que el problema luzca más severo (Narro, F. E. 1994).

Para determinar la presencia de capas compactadas se debe empujar el penetrómetro lentamente, con una fuerza constante hasta que se encuentre la zona compactada. En este punto se requiere más fuerza para penetrar esta capa. Cuando el penetrómetro pasa la capa compactada la resistencia a la fuerza se reduce notablemente. Un suelo que no tenga una capa compactada, sino más bien un subsuelo pesado, requiere de la misma fuerza con la diferencia que la resistencia a la penetración no disminuye a medida que se

ingresa. Para tener una idea de la profundidad, espesor y resistencia de la capa compactada y el porcentaje del lote que está afectado, se deben escoger varios puntos de lectura en el lote. En cada punto se deben hacer varias lecturas.

Otra forma de determinar si existe una capa compactada que esté limitando el rendimiento es cavando una calicata, de por lo menos dos pies de profundidad, para observar el crecimiento de las raíces. Si las raíces del cultivo del año pasado penetraron el suelo las raíces del próximo año lo harán también, a menos que se hagan cambios drásticos en la labranza o en el tráfico sobre el campo. Sin embargo, pudiesen haber condiciones de compactación que hayan retardado el crecimiento radicular, afectado el rendimiento, aun cuando las raíces eventualmente lograron penetrar las capas compactadas y aparentemente no existe problema (Narro, F. E. 1994).

### **3.3.1.F Como Corregir los Problemas de Compactación**

Después que se ha diagnosticado correctamente el problema, se debe penetrar el suelo con las labores de corrección solamente hasta la profundidad de la capa compactada.

Las capas superficiales se pueden romper con arado de vertedera. Sin embargo, se debe tener cuidado de no traer cantidades altas de subsuelo a la superficie. El subsuelo puede ser ácido y puede causar otros problemas, si la cantidad de subsuelo removido es grande.

Si la capa compactada no está a más de 12 pulgadas de profundidad se puede usar un rastra de uñas, a menos que situaciones especiales hagan necesario el arado de vertedera. Las rastras livianas a menudo pasan por sobre las capas compactadas.

Para determinar si se está penetrando la capa compactada con la rastra es aconsejable cavar el suelo en varios sitios para asegurarse que se está haciendo bien la labor.

Si la zona compactada está a más de 12 pulgadas de profundidad, la mejor forma de eliminarla es subsolando el suelo. El subsolado requiere de mucha energía pero es rentable cuando la labor es necesaria.

Se debe recordar que la labranza profunda no incrementa los rendimientos a menos que exista un problema de compactación.

Se debe estudiar cuidadosamente las condiciones del suelo para determinar las necesidades de labranza. Cualquiera de las labores arriba indicadas puede constituirse en

un gasto innecesario si primero no se determina la profundidad, resistencia y grosor de la capa compactada (Navarrete, P. 1986).

### **3.3.1.G Identificación del problema**

Previo a realizar cualquier actividad en la finca, con el objeto de mejorar las condiciones físicas del suelo, se recomienda efectuar un diagnóstico del nivel de compactación del suelo. La manera práctica de detectar este problema en el suelo es mediante la observación de las raíces de plantas pivotantes (cultivos o malezas), concentrando la atención en su estado pleno de desarrollo vegetativo (del florecimiento al inicio de la fructificación).

Síntomas como tortuosidad, pérdida de la sección cilíndrica (forma achatada) y reducido número de raíces con crecimiento horizontal son deformaciones que evidencian la necesidad de descompactar el suelo.

#### **3.3.1.G.a Descompactación del suelo**

Consiste en la operación de romper y reestructurar las capas de suelo compactadas, mediante procesos mecánicos o procesos biológicos.

Para este efecto son utilizados implementos como el subsolador y el escarificador. Estos implementos deben ser capaces de operar por debajo del límite inferior de la zona compactada sin causar excesivo movimiento de las capas superiores del suelo.

El procedimiento mecanizado de preparación más usado en la actualidad es el subsolado, consistente en la apertura de profundos surcos en el suelo mediante ripper (también llamados subsoladores o rejonas), que son piezas metálicas de longitud variable que se montan como apero de tractores de obras públicas o tractores agrícolas.

El efecto del subsolado es la rotura del suelo a elevada profundidad, rompiendo incluso la roca si ésta es disgregable. Ejerce por tanto un efecto muy positivo sobre el suelo de cara a albergar el cultivo, ya que reduce su compactación y aumenta su profundidad útil (Navarrete, P. 1986).

### 3.3.1.G.b Beneficios del Subsulado

De los beneficios inmediatos que esta práctica proporciona se destacan:

- 1) Disminución de la densidad del suelo a niveles más compatibles con las exigencias de la actividad del sistema radicular de los cultivos;
- 2) Aumento en la cantidad y en el volumen de los espacios aéreos entre las partículas sólidas (macroporos);
- 3) Mayor y más rápido flujo vertical de agua a través del perfil del suelo.

Estos beneficios inmediatos ayudan a mejorar el desarrollo del sistema radicular de las plantas, mayor facilidad para el trabajo posterior de los implementos (sembradoras, surcadores), menor volumen de escurrimiento superficial del agua, menor tiempo de encharcamiento del suelo, más seguridad para la implementación de sistemas conservacionistas en lugares con pendientes (terrazas) y por sobre todo mayor volumen y mayor profundidad de acumulación de agua en el perfil (cosecha de agua).

### 3.3.1.H Subsuelo Cenitandem

Subsolador de cuatro brazos parabólicos con puntas tipo aleta, dispuestos en tandem de dos brazos cada uno, para desconcompactar las calles del cultivo de la Caña de Azúcar (Fig. 26). Este implemento es utilizado para subsolar hasta 0.60m de profundidad, utilizando la teoría de la profundidad crítica de descompactación.



**Figura 26:** Subsolador Cenitandem.

Esta es la mejor alternativa para roturar suelos con un alto grado de compactación (maltrato de cosecha, cosecha en suelo húmedo o muchos cortes).

También se utiliza para labores de labranza reducida o para subsolar zonas arcillosas con alto nivel freático (Agroindustriales del Valle, 2008).

### 3.3.1.I Medidor digital de compactación del suelo (Penetrómetro)

El Medidor de Compactación de suelo "Fieldscout SC900" mide y registra en forma digital la compactación de su suelo rápida y efectivamente.

Un penetrómetro es un aparato que penetra en el suelo para recabar una serie de informaciones que nos ayudaran al conocimiento directo de propiedades físicas e indirectas de propiedades químicas en el laboratorio.



**Figura 27:** Medidor digital de compactación del suelo y forma de utilizarlo en el campo.

La principal fuente de pérdida de rendimiento en agricultura, la compactación de suelo, previene la penetración de la humedad, reduce la utilización de fertilizantes químicos y entorpece el crecimiento de la raíz de las plantas. A veces, las pérdidas de rendimiento por compactación pueden llegar a 30%.

El penetrometro digital es un instrumento fácil y poderoso para medir, registrar y analizar la compactación del suelo en sus campos.

Un sensor sónico exclusivo de profundidad proporciona las lecturas de la profundidad en incrementos de 2,5cm y una célula de carga mide la resistencia a la penetración. Los datos de compactación se leen en forma digital en PSI o kPa.

Un registrador tip datalogger incorporado elimina la necesidad de registrar los datos manualmente (Infoagro Systems, S.L. 2008).

Tras el nacimiento de la planta, es necesario que se produzca un intenso desarrollo de su sistema radicular para que pueda iniciar la absorción de agua y nutrientes. En ocasiones se produce la muerte de una plantación o un lento desarrollo de la misma sin causa explicable aparente, la razón suele ser, en la mayoría de los casos, una grave dificultad en el desarrollo radicular.

En otras ocasiones, las causas del deficiente desarrollo radicular están inducidas por un manejo inadecuado del suelo, entre estas formas está la compactación del mismo. La raíz en su crecimiento debe realizar un trabajo contra la presión ejercida por el suelo contra la misma y proporcional al volumen de suelo que debe desplazar en su crecimiento. En un suelo bien estructurado, en el que existan poros de tamaño suficiente para alojar a la raíz el crecimiento estará en función de la presión ejercida por el suelo (Infoagro Systems, S.L. 2008).

### **3.3.2 HIPOTESIS**

- El efecto de subsolar en un suelo arcilloso tendrá un efecto significativo en el grado de compactación del suelo.

### **3.3.3 OBJETIVOS**

#### **3.3.3.A General**

- Evaluar el efecto de subsolar en el suelo en dos zonas arcillosas ubicadas en Finca Mangales Mapán y Peralta, Ingenio La Unión.

#### **3.3.3.B Específico**

- Determinar como influyen algunas propiedades físicas del suelo en la resistencia de penetración del mismo.

### 3.3.4 METODOLOGÍA

#### 3.3.4.A Descripción de Tratamientos

Se establecieron dos ensayos para caña soca en suelos arcillosos húmedos con dos tratamientos, uno con paso de subsolador y otro sin subsolador.

**Cuadro 17:** Muestra los tratamientos en las dos fincas donde se evaluó el efecto de subsolar en el suelo.

TRATAMIENTOS	FINCA	No.	No. REPETICIONES
T1 = Con Subsolador	Mangales Mapán	Lote 1-10	5
T2 = Sin Subsolador			
T1 = Con Subsolador	Peralta	Lote 2-17	7
T2 = Sin Subsolador			

#### 3.3.4.B Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental en bloques al azar (DBA), con 5 repeticiones en la Finca Mangales Mapán y con 7 repeticiones en la Finca Peralta. El modelo estadístico utilizado es el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada o medida en el  $i$ -ésimo tratamiento y el  $ij$ -ésimo bloque.

$\mu$  = Efecto de la media general de la variable de respuesta.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

#### 3.3.4.C Tamaño de la Unidad Experimental

Las unidades experimentales fueron compuestas por 12 surcos (18 m de ancho) por todo el largo del lote, entre cada una de las repeticiones se dejaron 6 surcos de borde (9 m).

#### **3.3.4.D Equipo**

- Tractor 190 Hp
- Subsolador Cenitandem
- Penetrómetro

Para la realización de los ensayos fue necesario el uso de un tractor de 190 Hp, y el implemento subsolador Cenitandem de 4 ganchos posesionados en parejas paralelas para descompactar las calles del cultivo.

Para medir el grado de compactación del suelo se utilizo un penetrómetro marca FIELDSCOUT SC-900, el cual es un medidor digital de compactación del suelo.

#### **3.3.4.E Variable de Respuesta**

- Grado de compactación del suelo.
- Profundidad crítica de descompactación.

Para medir y registrar en forma digital la compactación de suelo rápida y efectivamente se utilizara un penetrómetro "Fieldsout SC900". Este posee, un sensor sónico exclusivo de profundidad que proporciona las lecturas de la profundidad en incrementos de 2,5 cm y una célula de carga mide la resistencia a la penetración. Los datos de compactación se registraron de forma digital en PSI.

### 3.3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

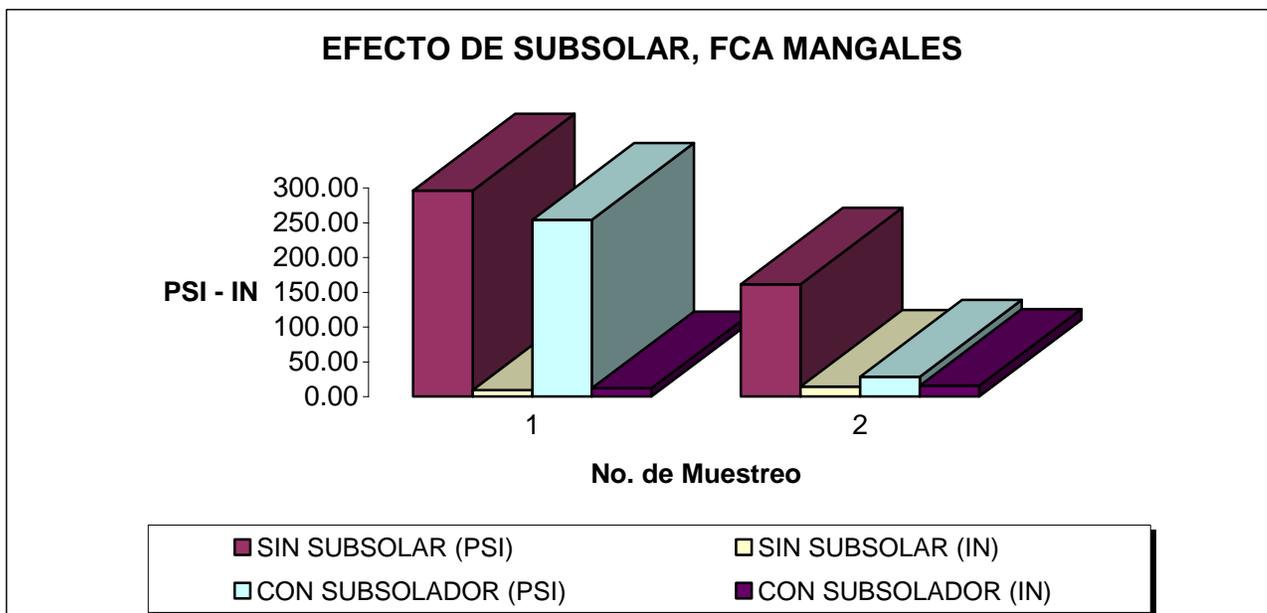
El penetrómetro, es el instrumento que se utilizó para evaluar el estado del terreno ó el grado de compactación. El aumento de la densidad de un suelo es el resultado de la presión o las cargas aplicadas por la maquinaria agrícola. Los suelos ricos en materia orgánica son menos susceptibles a la compactación.

**Cuadro 18:** Valores promedio del efecto de subsolar en un suelo arcilloso de Finca Mangales Mapán.

MUESTREO	SIN SUBSOLAR		CON SUBSOLADOR	
	(PSI)	(IN)	(PSI)	(IN)
1	296.00	9.40	254.20	12
2	161.20	14.20	28.60	15.60

En el cuadro 20 se presentan los datos del subsolado en la Finca Mangales Mapán, se puede ver que el grado de compactación disminuyó considerablemente (PSI), reflejándose en una mayor profundidad (IN), y debido a que en las primeras 3.94 IN (10 cms) del suelo, los valores de resistencia a la penetración son menores a 25,193.79 a 31,937.22 kg/m<sup>2</sup> (35.75 a 45.37 lbs/plg<sup>2</sup>) podemos deducir que el paso del subsolador disminuyó el grado de compactación.

Esta actividad agrícola en suelos pesados es de gran importancia debido a que los suelos menos compactados tienen más espacios porosos para retener un mayor volumen de agua y realizar los intercambios gaseosos, facilitan la conductividad del agua y propician un mejor ambiente para el desarrollo de los microorganismos.



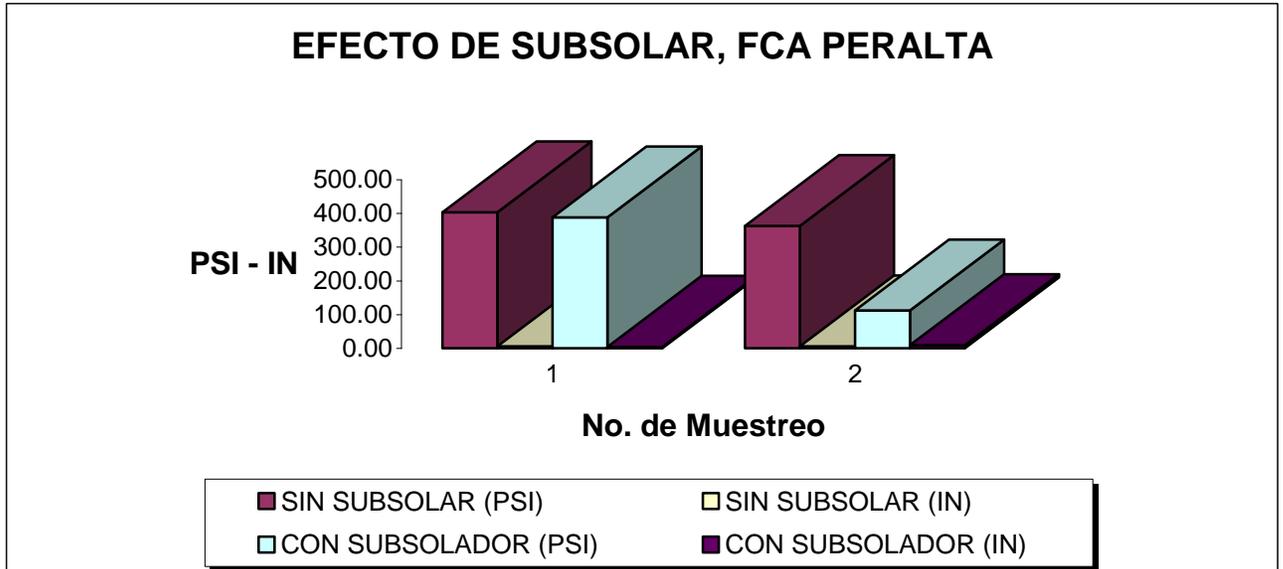
**Figura 28:** Gráfica en donde se presentan los valores de compactación en PSI – IN.

En la figura 28 y 29 se puede observar que la resistencia a la penetración en los tratamientos donde se subsoló es menor, por lo tanto el grado de compactación en el suelo es menor (PSI), lo cual se refleja en la profundidad (IN) alcanzada al momento de medir la compactación utilizando el penetrómetro.

**Cuadro 19:** Valores promedio efecto al subsolar en un suelo arcilloso en Finca Peralta.

MUESTREO	SIN SUBSOLAR		CON SUBSOLADOR	
	(PSI)	(IN)	(PSI)	(IN)
1	402.80	5.60	388.40	4.20
2	362.20	6.00	111.60	9.60

Las capas del suelo debajo de la superficial o de cultivo, generalmente son menos fértiles y de textura y estructura más pobre que la superficial, en el cuadro 21 se puede observar que el grado de compactación con el paso del subsolador disminuyo y la profundidad aumento, pero la compactación sigue siendo muy fuerte debido a que presenta en las primeras 3.94 IN (10 cm) de suelo valores de resistencia a la penetración mayores a 2.6 a 45.37 lbs/plg<sup>2</sup>, por lo que se considera que el grado de compactación es elevado.



**Figura 29:** Gráfica donde se ve el grado de compactación y el efecto de subsolar.

El suelo, como cualquier elemento natural, posee un equilibrio entre los diversos factores que lo influyen. Un cambio de este equilibrio puede provocar una alteración física, química o biológica. La compactación es la principal causa de alteración del suelo, en el caso de la agro-industria cañera se da por el fuerte tránsito de vehículos y personas, algunos suelos ya tienen una tendencia más o menos acentuada a la compactación, en función de la composición, estructura y contenido de humedad.

### 3.3.6 CONCLUSIONES

- La densidad de los suelos de las Fincas Mangales Mapán y Peralta aumentaron debido a las cargas de diferentes labores del cultivo, desde la preparación del suelo hasta el transporte de la cosecha aplicadas por las maquinas agrícolas utilizadas. Según los resultados en las dos Fincas después del paso del subsolador el grado de compactación disminuyo, obteniendo en la Finca Mangales Mapán una disminución significativa porque en las primeras 3.94 IN del suelo, los valores de resistencia a la penetración están en el rango bajo de compactación de 35.75 a 45.37 lbs/ plg<sup>2</sup>.
- La resistencia a la penetración y la humedad del suelo están fuertemente relacionadas, a medida que la humedad del suelo aumenta disminuye la resistencia a la penetración.

La resistencia a la penetración se debe analizar con otras características físicas del suelo como son el contenido de materia orgánica, el porcentaje total de poros, la distribución de poros (principalmente macro y microporos), la densidad aparente; ya que analizar este parámetro sin tener en cuenta otros factores físicos no tendría tanta validez, pues no se podría comparar a que se debe los cambios en la resistencia a la penetración que muestre el suelo.

### 3.3.7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos del uso de subsolador en suelos pesados para evaluar si el efecto en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum* sp), al utilizar este equipo agrícola es significativo.
- Al realizar una evaluación del efecto de subsolar en el grado de compactación del suelo agrícola se recomienda tener en cuenta el penetrómetro a utilizar, debido a que el más exacto es el penetrómetro de cubo dinámico.

### 3.3.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Agroindustrialesdelvalle.com. 2008. Portafolio agroindustrial (en línea). México. Consultado 3 oct 2008. Disponible en <http://www.agroindustrialesdelvalle.com/maquinaria.htm>
2. Azañon, V. 2005. Resultados de investigación agrícola, zafra 2004-05 y 2006-07. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Investigación Agrícola. 75 p.
3. \_\_\_\_\_. 2007. Resultados de investigación agrícola, zafra 2006-07. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio La Unión, Departamento de Investigación Agrícola. 91 p.
4. Casanova, EO. 1991. Introducción a la ciencia del suelo. Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 418 p.
5. Foster, R; Blaine, J. 1978. Urban tree survival: trees in the sidewalk. J. Arboriculture 4:14-17.
6. Gavande, SA. 1973. Física de suelos: principios y aplicaciones. México, Limusa-Wiley. 351 p.
7. González, HM; Castro, DM. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Colombia, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Subdirección Agrológica. 22 p.
8. Infoagro.com. 2008. Instrumentos de medida (en línea). España. Consultado 3 oct 2007. Disponible en [www.infoagro.com/instrumental](http://www.infoagro.com/instrumental)
9. Jaramillo, DF. 1989. Reconocimiento de suelos con fines recreacionales y agropecuarios en la cuenca de la quebrada de Piedras Blancas. Medellín, Colombia, EPM. 67 p.
10. \_\_\_\_\_. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. p. 186-190.
11. Jiménez, J; Puentes, H; Leiva, F. 1992. Efectos de tratamientos de labranza sobre la resistencia a la penetración de un Andisol. Agronomía Colombiana 9(1):30-39.
12. Materechera, SA; Dexter, AR; Alston, AM. 1991. Penetration of very strong soils by seedlings roots of different plant species. Plant and Soil 135:31-41.
13. Narro, FE. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. México, Trillas. 195 p.
14. Navarrete, P. 1986. El suelo y su manejo en caña de azúcar. Caracas, Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 18-25.

