

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA



CONTRIBUCIÓN A LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR  
(*Saccharum* spp.), EN LA ZONA SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA.

JULIO CÉSAR MARTÍNEZ FUENTES

GUATEMALA, MAYO 2007



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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN  
CONTRIBUCIÓN A LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR  
(*Saccharum spp.*), EN LA ZONA SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA  
DE FEBRERO DE 2004 A NOVIEMBRE DE 2004**

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

**POR**

**JULIO CÉSAR MARTÍNEZ FUENTES**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**GUATEMALA, MAYO 2007**



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

**RECTOR MAGNÍFICO**

**Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Dr.</b>	<b>Ariel Abderramán Ortíz López</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Alfredo Itzep Manuel</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Walter Arnoldo Reyes Sanabria</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Danilo Ernesto Dardón Ávila</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br.</b>	<b>Duglas Antonio Castillo Álvarez</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P. Agr.</b>	<b>José Mauricio Franco Rosales</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Pedro Peláez Reyes</b>

**Guatemala, mayo de 2007**

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

**Honorables miembros:**

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **CONTRIBUCIÓN A LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.), EN LA ZONA SEIS, DEL INGENIO MADRE TIERRA.** Presentándolo como requisito previo a optar al Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación, me suscribo.

Deferentemente.

**Julio César Martínez Fuentes  
Carné 1999-12082**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS**

Por su infinito amor y darme fuerzas para seguir hacia adelante cuando mis fuerzas no fueron suficientes y con esto permitirme llegar a este punto de mi vida, a El sea la honra y la gloria de este triunfo por medio de nuestro Señor Jesús Cristo.

**Mi abuela**

María Eloisa Jurado, para quien soñé dedicar este acto, por ser más que un apoyo, mi verdadera guía terrenal, siempre le estaré agradecido, va por usted.

**Mis padres**

Haydeé Fuentes Jurado y Julio César Martínez Villagrán por su apoyo, para que yo fuese una mejor persona cada día, pues con esto me han enseñado a practicar la justicia y el amor.

**Mis hermanas**

Mirna Carola y Herminia Liseth, que me apoyaron cuando muy pocos creyeron en mí, las llevo en el corazón, gracias por su apoyo.

**Mis tíos**

En especial a Norma Martínez, Otto Fuentes y Manuel Martínez, porque me demostraron su apoyo, en los momentos más difíciles de mi vida.

**Mis abuelitos**

Herminia Villagrán y Julio Martínez (Q.E.P.D).

**Mi novia**

Por su amor y comprensión durante muchos años.

**Mis amigos**

Juan Morales, Luis Mérida (Q.E.P.D.), Douglas Tobar, Jesús Sánchez, Luis Sánchez.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**JESUSCRISTO** Por ser una verdadera luz en mi vida, enseñándome lo que es la Fé, y a luchar por lo que quiero, por que el que no lucha nunca podrá disfrutar de un triunfo.

**Mi padrino** Ing. Waldemar Nufio Reyes, porque me demostró lo que es la verdadera amistad, mil gracias.

**Mis asesores** Inga. Mirna Ayala e Ing. Fernando Rodríguez, por todo lo que me enseñaron y apoyaron, muchas gracias.

**Mis amigos** Gerente zona seis Carlos Echeverría, asistente de mecanización José Artiga, supervisores de fincas Edwin Callejas, Emilio Charúc y al demás personal de la zona seis, de producción de caña de azúcar, por demostrarme una amistad sincera, mil gracias por todo.



## **TRABAJO QUE DEDICO A**

Administración y personal técnico de la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, esperando que los resultados aquí presentados sean aprovechados en el manejo productivo del cultivo de caña de azúcar.



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vii
RESUMEN GENERAL	ix
<b>CAPÍTULO I: DIÁGNÓSTICO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) EN LA ZONA DE PRODUCCIÓN SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA.</b>	<b>1</b>
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Descripción de la zona seis del Ingenio Madre Tierra	3
1.2.2 Áreas y localización de la zona seis	3
1.2.3 Condiciones climáticas	5
1.2.4 Condiciones edafológicas	5
A. Entisoles	5
B. Mollisoles	6
1.2.5 Zona de vida	6
1.2.6 Vías de acceso	8
A. Vía de acceso uno	8
B. Vía de acceso dos	8
1.2.7 Recursos	11
A. Naturales	11
B. Físicos	11
C. Humanos	12
a. Gerente de zona	12
b. Asistentes de zona	12
c. Mayordomos	12
d. Encargado de oficina y planilleros	12
e. Bodeguero	12
f. Caporales	13
g. Guardianes	13
h. Pilotos de buses	13
i. Tractoristas	13
j. Jornaleros	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 General	14
1.3.2 Específicos	14
1.4 METODOLOGÍA	15
1.4.1 Reconocimiento del personal y área de la zona	15
1.4.2 Descripción del manejo agronómico	15
1.4.3 Identificación de las principales limitantes	15
1.5 RESULTADOS	16
1.5.1 Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar	16
A. Tipos de siembra	16
a. Labranza mínima	16
b. Labranza convencional	16
B. Manejo agronómico en la siembra	17

a.	Arado	17
b.	Rastreado	17
c.	Subsolado	17
d.	Surqueado	17
e.	Tarjeteado y estaquillado	18
f.	Corte de semilla	18
g.	Transporte y descargue de semilla	18
h.	Siembra manual	18
i.	Tapado de semilla	18
C.	Manejo del cultivo post-siembra	18
a.	Control de malezas	19
i.	Control químico	19
ii.	Control manual	20
iii.	Control mecanizado	20
b.	Riego	20
c.	Fertilización	20
d.	Aplicación de madurante	22
e.	Rondeos	22
i.	Rondeo Mecánico	22
ii.	Rondeo químico	22
iii.	Rondeo mecánico manual	22
f.	Despeje de rondas	23
D.	Cosecha	23
a.	Corte	23
b.	Alce	23
c.	Transporte	23
d.	Requema	24
E.	Composición varietal	24
1.5.2	Principales problemas de la zona	26
1.6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
1.6.1	Conclusiones	27
1.6.2	Recomendaciones	27
1.7	BIBLIOGRAFÍA	28
<b>CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>), DURANTE EL TRANSPORTE, DEL ALCE AL DESPUNTE, EN LA ZONA DE PRODUCCIÓN SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA</b>		<b>29</b>
2.1	PRESENTACIÓN	30
2.2	MARCO CONCEPTUAL	31
2.2.1	Importancia de la cosecha del cultivo	31
2.2.2	Etapas de la cosecha (CAT)	31
A.	Planeación del corte	31
B.	Quema	32
C.	Corte	32
a.	Ventajas de la quema	33
b.	Desventajas de la quema	33
D.	Alce	33

	E.	Transporte	34
	F.	Sistemas de enganche	34
2.2.3		Análisis económico	35
	A.	Utilidad neta	35
	B.	Análisis de dominancia	35
	C.	Medición de la eficiencia	36
	D.	Eficiencia total de los factores	36
	E.	Valor Actual Neto (VAN)	36
	F.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	36
2.3		OBJETIVOS	37
	2.3.1	General	37
	2.3.2	Específicos	37
2.4		METODOLOGÍA	38
	2.4.1	Rutas de colecta	38
	2.4.2	Colectas previas	38
	2.4.3	Número de colectas por semana	42
	2.4.4	Procedimiento de colecta definitiva	42
		A. Horario de colecta	42
		B. Unidad de colecta	43
	2.4.5	Causas de la pérdida de caña de azúcar durante el transporte	43
		A. Clasificación del tipo de llenado de los camiones	43
		a. Llenado tipo A	43
		b. Llenado tipo B	43
		c. Llenado tipo C	43
	2.4.6	Evaluación económica de técnicas para evitar la pérdida de caña de azúcar durante el transporte del alce al despunte	44
	2.4.7	Variables de respuesta	44
		A. Pérdida de caña en toneladas por hectárea	44
		B. Pérdida de caña en quetzales por hectárea	44
		C. Valor Actual Neto (VAN) de las técnicas propuestas	44
		D. Tasa Interna de Retorno (TIR) de las técnicas propuestas	44
	2.4.8	Análisis de la información	45
2.6		RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
	2.6.1	Limitantes detectadas en las colectas previas y soluciones propuestas	46
	2.6.2	Número de colectas por semana	46
	2.6.3	Pérdida de caña durante el transporte del alce al despunte	47
		A. Toneladas de caña perdida por viaje según ruta evaluada	47
		B. Toneladas de caña perdida por hectárea y costo de la pérdida por hectárea	48
		C. Toneladas de caña pérdida durante el transporte, en toda la zona seis del Ingenio Madre Tierra y su costo total	49
	2.6.4	Principales causas de la pérdida durante el transporte de caña del alce al despunte	50
	2.6.5	Técnicas propuestas para evitar la pérdida de caña y su evaluación económica	52
		A. Descripción de los parámetros considerados para el análisis financiero	52

a.	Costo de llenado tipo "A", a ras de jaula y realizar un viaje más al día	52
b.	Costo de colocar fajas	53
c.	Estimación anual del ingreso por técnica empleando los sistemas de fajas	54
B.	Evaluación de los sistemas de fajas a través del Valor Actual Neto (VAN)	54
C.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	55
2.6.6	Eficiencia total de los factores	56
2.7	CONCLUSIONES	57
2.8	RECOMENDACIONES	58
2.9	BIBLIOGRAFÍA	59
<b>CAPÍTULO III:</b>	<b>INFORME DE SERVICIOS</b>	<b>60</b>
<b>3.1</b>	<b>SERVICIO 1: EVALUACIÓN DE PROFUNDIDADES DE SIEMBRA PARA BROTAÇÃO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> spp.) EN LA ZONA DE PRODUCCIÓN SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA</b>	<b>61</b>
3.1.1	Presentación	62
3.1.2	Marco Conceptual	63
A.	Descripción de la caña de azúcar	63
B.	Desarrollo vegetativo de la caña de azúcar	63
a.	Periodo de brotación de yemas	63
b.	Fisiología de la brotación	64
c.	Periodo de amacollamiento	64
C.	Condiciones para la brotación de yemas	65
a.	Métodos de cultivo para promover la brotación	65
b.	Efecto de la temperatura para la brotación	65
c.	Efecto de la humedad en la brotación	66
D.	Características de la variedad sembrada	67
3.1.3	Objetivos	68
A.	General	68
B.	Específicos	68
3.1.4	Hipótesis	68
3.1.5	Metodología	69
A.	Tratamientos	69
B.	VARIABLES DE RESPUESTA	69
a.	Número de brotes por tratamiento	69
b.	Porcentaje de brotación	69
C.	Diseño experimental y modelo estadístico	69
D.	Unidad experimental	70
E.	Manejo del experimento	70
a.	Preparación del área para la siembra	70
b.	Selección de semillas asexuales	71
c.	Establecimiento del ensayo	71
i.	Siembra de semillas asexuales	71
ii.	Tapado de semillas asexuales	72
F.	Toma de datos	72
G.	Análisis de la información	72

3.1.6	Resultados	73
A.	Número de brotes por 5 metros lineales 35 días después de la siembra	73
B.	Porcentaje de brotación	75
3.1.7	Conclusiones y recomendaciones	76
A.	Conclusiones	76
B.	Recomendaciones	76
3.1.8	Bibliografía	77
<b>3.2</b>	<b>SERVICIO 2: ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN DE PLAGAS DEL SUELO EN LAS FINCAS TIERRA NUEVA Y LA GARRUCHA</b>	<b>64</b>
3.2.1	Presentación	78
3.2.2	Marco conceptual	79
A.	Definición de plaga	79
B.	Insectos plagas del suelo	79
a.	Gallina ciega	79
i.	Ciclo de vida de <i>Phyllophaga</i>	79
ii.	Daño	80
b.	Gusanos alambres	80
i.	Ciclo de vida	80
ii.	Daño	80
C.	Muestreo de plagas del suelo	80
a.	Localización espacial de las muestras	81
i.	Al azar simple	81
ii.	Al azar estratificado	81
iii.	Sistemático	81
3.2.3	Objetivos	82
A.	General	82
B.	Específicos	82
3.2.4	Hipótesis	82
3.2.5	Metodología	83
A.	Tamaño de la unidad de muestra	83
B.	Tamaño de la muestra	83
C.	Muestreo	84
D.	Toma de muestras y preservación de insectos	84
E.	Determinación de géneros de las plagas	85
F.	Cuantificación de insectos	85
G.	Análisis de la información	85
3.2.6	Resultados	86
A.	Número de muestras	86
B.	Géneros de las plagas	87
C.	Densidades poblacionales de insectos	88
D.	Prueba de rangos con signos	88
3.2.7	Conclusiones y Recomendaciones	90
A.	Conclusiones	90
B.	Recomendaciones	90
3.2.7	Bibliografía	91
3.3	Apéndice	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Página</b>
Figura 1.	Ubicación de la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	4
Figura 2.	Datos de precipitación y temperatura de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	5
Figura 3.	Clasificación de suelos de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	7
Figura 4.	Vía de acceso uno, para la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	9
Figura 5.	Vía de acceso dos, para la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	10
Figura 6.	Nivel de fósforo en los suelos de la zona seis, del Ingenio Madre Tierra, 2004.	21
Figura 7.	Composición varietal en la zona seis, del Ingenio Madre Tierra, 2004.	24
Figura 8.	Diagrama de Pareto de los principales problemas de la zona	26
Figura 9.	Ruta de colectas previas en la finca Río Lindo de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	39
Figura 10.	Primer ruta de colectas definitivas, en la finca Cantoira de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	40
Figura 11.	Segunda ruta de colectas definitivas, en la finca Pangola de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	41
Figura 12.	Diagrama de Pareto de las causas que producen las pérdidas de caña durante el transporte, en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	51
Figura 13.	Dimensiones de la unidad de muestra	83



## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Página</b>
Cuadro 1.	Fincas de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	3
Cuadro 2.	Inventario de equipo agrícola con que cuenta la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	11
Cuadro 3.	Promedios de producción de caña de azúcar por variedad en la zona seis, del Ingenio Madre Tierra, 2004.	25
Cuadro 4.	Limitantes detectadas en la colecta previa y soluciones propuestas	46
Cuadro 5.	Datos generales de zafra de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	46
Cuadro 6.	Toneladas de caña perdida por viaje en las colectas previas, en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	47
Cuadro 7.	Toneladas de caña perdida por viaje, según ruta al Ingenio Madre Tierra, 2004.	48
Cuadro 8.	Toneladas de caña perdida por hectárea y quetzales perdidos por hectárea durante el transporte del alce al despunte, al Ingenio Madre Tierra, 2004	49
Cuadro 9.	Toneladas de caña perdida y total de quetzales perdidos por zona en el transporte del alce al despunte, al Ingenio Madre Tierra, 2004	49
Cuadro 10.	Causas de la pérdida de caña en el transporte en la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	50
Cuadro 11.	Costo de inversión y operativo de colocar fajas en una torre	53
Cuadro 12.	Costo de inversión y operativo de colocar fajas incorporadas a los camiones	53
Cuadro 13.	Estimación de los ingresos por técnica empleando los dos sistemas de faja, Ingenio Madre Tierra, 2004	54
Cuadro 14.	Valor actual neto del sistema de fajas al camión y desde la torre	55
Cuadro 15.	Tasa Interna de Retorno (TIR) del sistema de fajas incorporadas al camión y desde una torre	55
Cuadro 16.	Brotaciones por profundidad de siembra	73
Cuadro 17.	Resumen de la prueba de Shapiro Wilks	73
Cuadro 18.	ANDEVA de las profundidades de siembra	74

Cuadro 19. Resumen de Tukey para el número de brotes de caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp) por 5 metros lineales, a los 35 días después de la siembra, en la zona seis del Ingenio Madre Tierra.	74
Cuadro 20. Porcentajes de brotación por semana	75
Cuadro 21. Premuestreo de plagas del suelo para determinar el número de muestras a realizar, zona seis Ingenio Madre Tierra, 2004.	86
Cuadro 22. Determinación entomológica de la gallina ciega	87
Cuadro 23. Determinación entomológica del falso gusano alambre	87
Cuadro 24. Cuantificación de insectos en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha de acuerdo al género y la ubicación de la plaga en el campo de cultivo	88
Cuadro 25. Densidades poblacionales para 0.108 m <sup>3</sup> de unidad de muestra	88
Cuadro 26. Resumen de los resultados de la prueba de rango con signos para el muestreo realizado en la finca Tierra Nueva	89
Cuadro 27. Resumen de los resultados de la prueba de rango con signos para el muestreo realizado en la finca La Garrucha	89
Cuadro 28A. Datos de colectas de la pérdida de caña en el transporte.	95
Cuadro 29A. Datos de las colectas previas de la pérdida de caña en el transporte.	96
Cuadro 30A. Datos de los monitoreos de las brotaciones de caña, en la evaluación de una profundidad de siembra, en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004	96
Cuadro 31A. Datos del muestreo de plagas realizado en la finca Tierra Nueva, 2004	97
Cuadro 32A. Datos para prueba de rangos con signo para las muestras de la Finca Tierra Nueva, 2004	99
Cuadro 33A. Datos del muestreo de plagas realizado en la finca La Garrucha, 2004	100

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**CONTRIBUCIÓN A LA EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR**  
**(*Saccharum* spp.), EN LA ZONA SEIS, DEL INGENIO MADRE TIERRA**

**CONTRIBUTION TO THE EFFICIENCY OF SUGER CANE (*Saccharum* spp.)**  
**PRODUCTION AT ZONE SIX OF THE MADRE TIERRA SUGAR MILL**  
**RESUMEN**

El presente trabajo de graduación es el resultado del desarrollo del ejercicio profesional supervisado (EPSA), en la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, la cual se encuentra ubicada, en La Gomera, Escuintla. El área administrativa de la zona se encuentra dentro de la finca Pangola, en las coordenadas: 14°0'24" de Latitud Norte y 91°14'07" de Longitud Oeste, a 160 metros sobre el nivel del mar.

Se elaboro el diagnóstico del manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar y sus etapas de producción, en la zona seis, como base fundamental para el planteamiento de la investigación y los servicios profesionales. A través del diagnóstico se identificó que el principal problema de la zona de producción seis es la pérdida de caña durante el transporte del alce<sup>1</sup> al despunte<sup>2</sup>. Entonces la investigación consistió en estimar a cuanto asciende la pérdida de caña durante el transporte para determinar si es importante el monto de la pérdida para la zona, y si es conveniente colocar algún sistema o técnica que reduzca la perdida.

La pérdida de caña durante el transporte se estimó mediante colectas de caña realizadas por viaje, del alce al despunte, la pérdida asciende a Q.129,607.24 quetzales. Posterior a estimar la pérdida de caña se evaluaron dos sistemas de enganche y un tipo de llenado del camión, para controlar la caída de caña y evaluar su viabilidad económica. El sistema de enganche de fajas incorporadas se mostró como la mejor técnica, reduce la pérdida de caña en 75 por ciento, aparte produce una recuperación de Q. 85,961.49

---

<sup>1</sup> Alce: Labor en la que se deposita la caña del campo de cultivo a las jaulas de los camiones.

<sup>2</sup> Despunte: Área en donde los camiones con las jaulas llenas de caña, se detienen para que les corten todas las puntas de caña que están fuera del circuito de la jaula.

quetzales sobre el monto de inversión y un 20 por ciento de ganancia según su valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno del sistema de fajas incorporadas al camión es de 404.37 mas alta que cualquier costo o tasa de corte planteada por la Industria azucarera, incluso es mayor a la tasa promedio de intereses de los bancos del país (13.8 %), y aparte presenta un aumento en la eficiencia total de sus factores del primer al segundo año de 11.84 por ciento.

Otra de las actividades realizadas en la zona de producción seis consistió, en evaluar mediante un diseño experimental de bloques al azar cinco profundidades de siembra para semillas asexuales de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), las profundidades evaluadas son: 3, 6, 9, 12 y 15 centímetros de profundidad de siembra más un testigo absoluto<sup>3</sup>. Al final del ensayo se concluye que la profundidad de siembra de 6 centímetros, es la mejor generando un mayor número de brotes por 5 metros lineales, mientras que, la profundidad menos recomendable es la de 15 centímetros.

También se estimó mediante un muestreo al azar, la densidad poblacional de plagas del suelo en las Fincas Tierra Nueva y La Garrucha, fincas que están bajo la administración de la zona seis. Se muestreo la macolla de caña y el entre surco que se encontraba junto a la macolla muestreada. Se estimó la relación existente entre la población de plagas en las macollas y el entre surco caña. Las plagas encontradas fueron *Cyclocephala latreille* conocida comúnmente como gallina ciega y *Dipropus* spp conocida comúnmente como gusano alambre. La relación entre la población de plagas existentes en la macolla de caña y el entre surco, se determinó mediante una prueba de rangos con signos, con la cual se comprobó que no existe diferencia, entre el número poblacional de insectos en la macolla y el entre surco de caña, en las Fincas Tierra Nueva y La Garrucha.

---

<sup>3</sup> Testigo absoluto: Consistió en tapar la semilla asexual de caña arbitrariamente, sin medir la capa de suelo que se dejo sobre la semilla asexual.





## **CAPÍTULO I**

### **DIAGNÓSTICO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA ZONA DE PRODUCCIÓN SEIS, DEL INGENIO MADRE TIERRA.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Madre Tierra cuenta con seis zonas de producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), cada una con administración independiente. El diagnóstico se realizó en la zona de producción seis, cuyo centro administrativo se encuentra ubicado en la finca Pangola, del municipio de La Gomera, departamento de Escuintla. Según el IGN, el casco de esta zona se encuentra en las siguientes coordenadas: 14°0'24" de Latitud Norte y a 91°14'07" de Longitud Oeste, a una altitud de 140 metros sobre el nivel del mar. La zona de producción seis comprende un área de producción de 6,020.8 hectáreas.

El objetivo principal del diagnóstico fue caracterizar el manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar en la zona de producción seis y describir el manejo agronómico del cultivo.

El diagnóstico se inició con una presentación del personal técnico y el reconocimiento de la zona mediante recorridos de campo. Posteriormente se realizó una descripción del manejo agronómico del cultivo y se identificaron las principales limitantes del manejo y la producción de caña de azúcar en la zona seis. Con este propósito, se realizaron entrevistas y encuestas al personal técnico de la zona y mediante un diagrama de Pareto se identificaron, los principales problemas a resolver, para el mejor desarrollo del manejo productivo.

Con base en las encuestas y el análisis de Pareto, se determinó que la principal limitante en la zona seis del Ingenio Madre Tierra es la pérdida de caña de azúcar en el transporte. El 60% del personal técnico encuestado indica que éste es el problema principal de la zona.

El 20% del personal técnico encuestado indicó que la brotación tardía de la caña de azúcar constituye el segundo problema en orden de importancia para la zona.



## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1 Descripción de la zona seis del Ingenio Madre Tierra

La región seis del Ingenio Madre Tierra, productora de caña de azúcar, se localiza en la vertiente del Océano Pacífico, en el departamento de Escuintla, dentro del municipio de La Gomera, comienza a 45.73 metros sobre el nivel del mar y se extiende hasta cerca del litoral a 175 metros sobre el nivel del mar según el Instituto Geográfico Nacional (8).

La zona seis colinda al Norte con la finca Río Azul la cual pertenece al Ingenio La Unión y la Aldea Texcuaco, al Oeste colinda con la Aldea Santa Odilia que pertenece al municipio de La Nueva Concepción y el río Coyolate, la colindancia con el río Coyolate le permite tener agua para riego a su disposición y provoca que los niveles freáticos de la zona sean altos, al Este colinda con la Aldea Las Chuspas y al Sur con el océano Pacífico.

La sede o área administrativa de la zona se encuentra a 49 kilómetros de distancia de la entrada del Ingenio Madre Tierra.

### 1.2.2 Áreas y localización de la zona seis

La zona seis se encuentra dividida en nueve fincas, de las cuales la finca Río Lindo es la que cuenta con mayor cantidad área, el área que se muestra en el cuadro 1 de cada finca, es área neta para la producción de caña de azúcar. La ubicación de cada finca en la zona se muestra en la Figura 1.

**Cuadro 1. Fincas de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

<b>Finca</b>	<b>Área (hectáreas)</b>	<b>Porcentaje</b>
Río Lindo	1,548.08	25.71
Pangola	1,189.69	19.76
Laureles	1,034.15	17.18
Cantoira	936.98	15.56
San Juan la Selva	632.92	10.51
Tierra Nueva	427.18	7.1
La Garrucha	100.08	1.66
Santa Cristina	93.72	1.56
Palo Blanco	58.00	0.96
<b>Total</b>	<b>6,020.80</b>	<b>100</b>

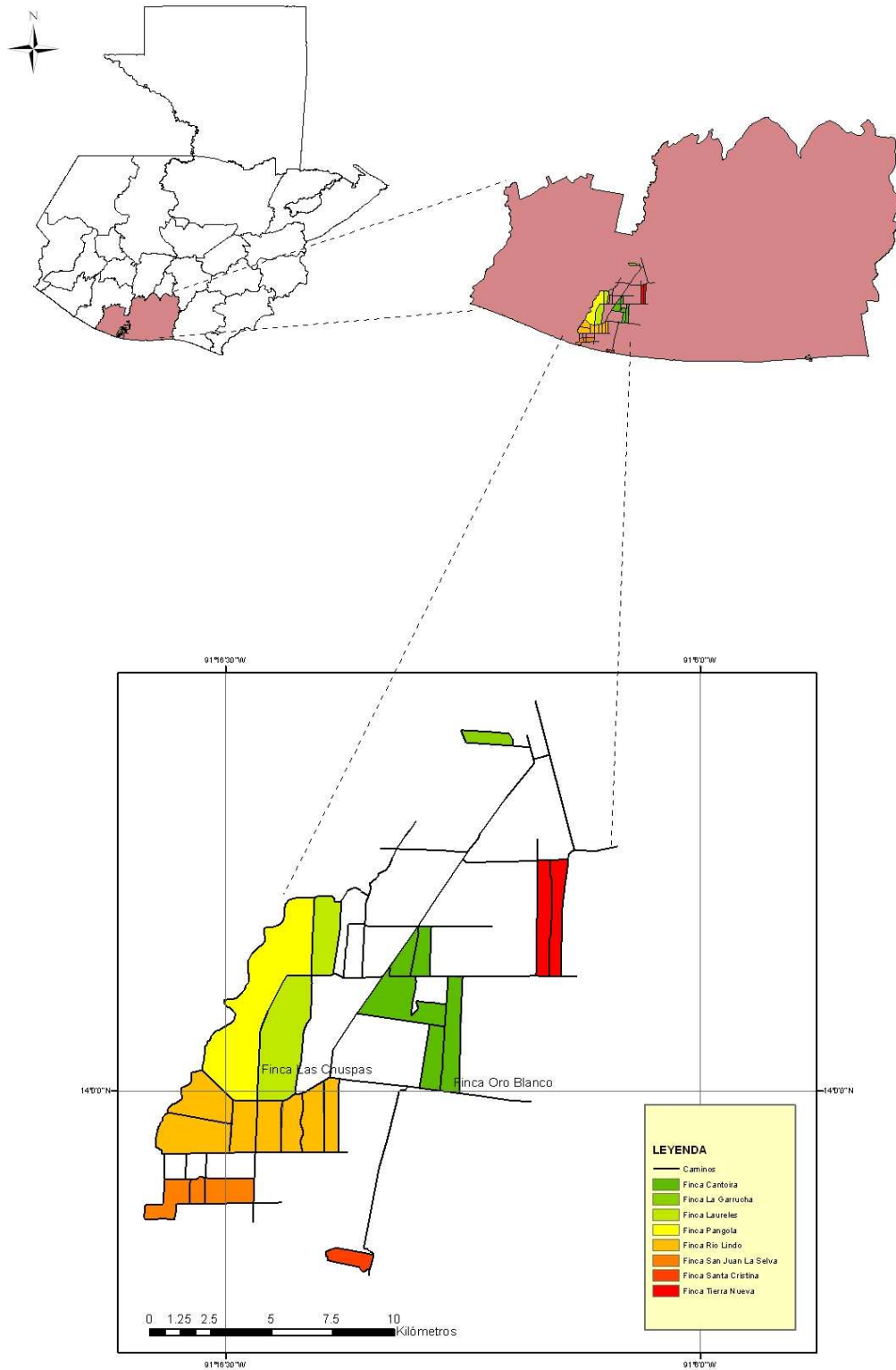
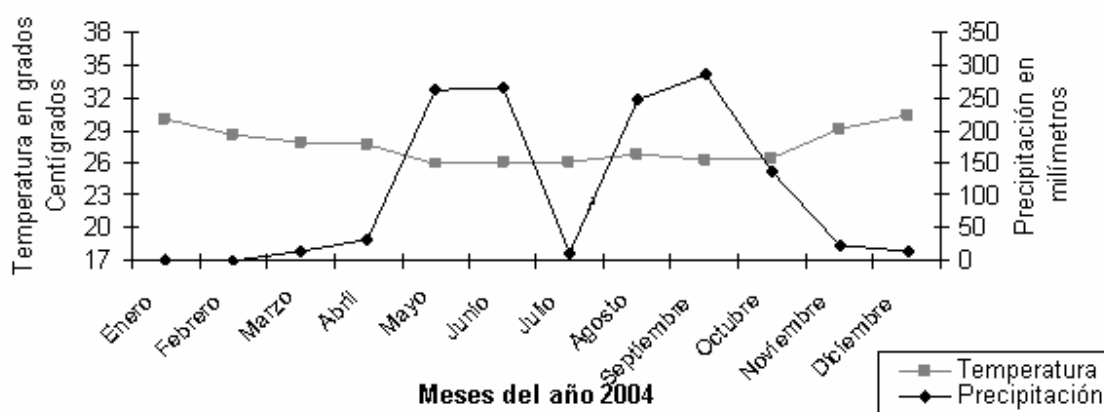


Figura 1. Ubicación de la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, 2004

### 1.2.3 Condiciones climáticas

Según el registro de precipitación pluvial en el casco de la zona, en los últimos tres años la precipitación promedio es de 906.54 milímetros por año y según el Departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Madre Tierra, la precipitación promedio para toda la zona es de 1,253.42 milímetros por año, distribuidos de mayo a octubre principalmente como se muestra en la Figura 2, con una temperatura media anual de 27.6 grados centígrados y vientos predominantes de Norte a Sur y de Sur a Norte.



**Figura 2. Datos de precipitación y temperatura de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

### 1.2.4 Condiciones edafológicas

Según CENGICAÑA, en el estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del Sur de Guatemala, en el área de la zona seis llamada en el ámbito cañero como zona Río Lindo, tiene los siguientes órdenes de suelos.

#### A. Entisoles

Estos suelos forman parte de la unidad de explayamientos y cauces de los ríos ubicados en un relieve plano o ligeramente inclinado, con pendientes que no exceden el uno por ciento. Son suelos excesivamente drenados, ya que el movimiento del agua en el perfil es rápido, debido a las texturas gruesas, estos suelos tienen muy baja capacidad de retención de humedad, pH de reacción neutra, contenido de materia orgánica alto,

capacidad de intercambio catiónico bajo en el horizonte superficial y muy bajo a mayor profundidad (2).

Estas áreas presentan muy alta saturación de sodio y magnesio, especialmente en las capas intermedias, lo cual puede generar la formación de sales solubles que migren a la superficie cuando sube el nivel freático, y en el caso particular de la zona que colinda con el río Coyolate sufre de esta concentración de sales.

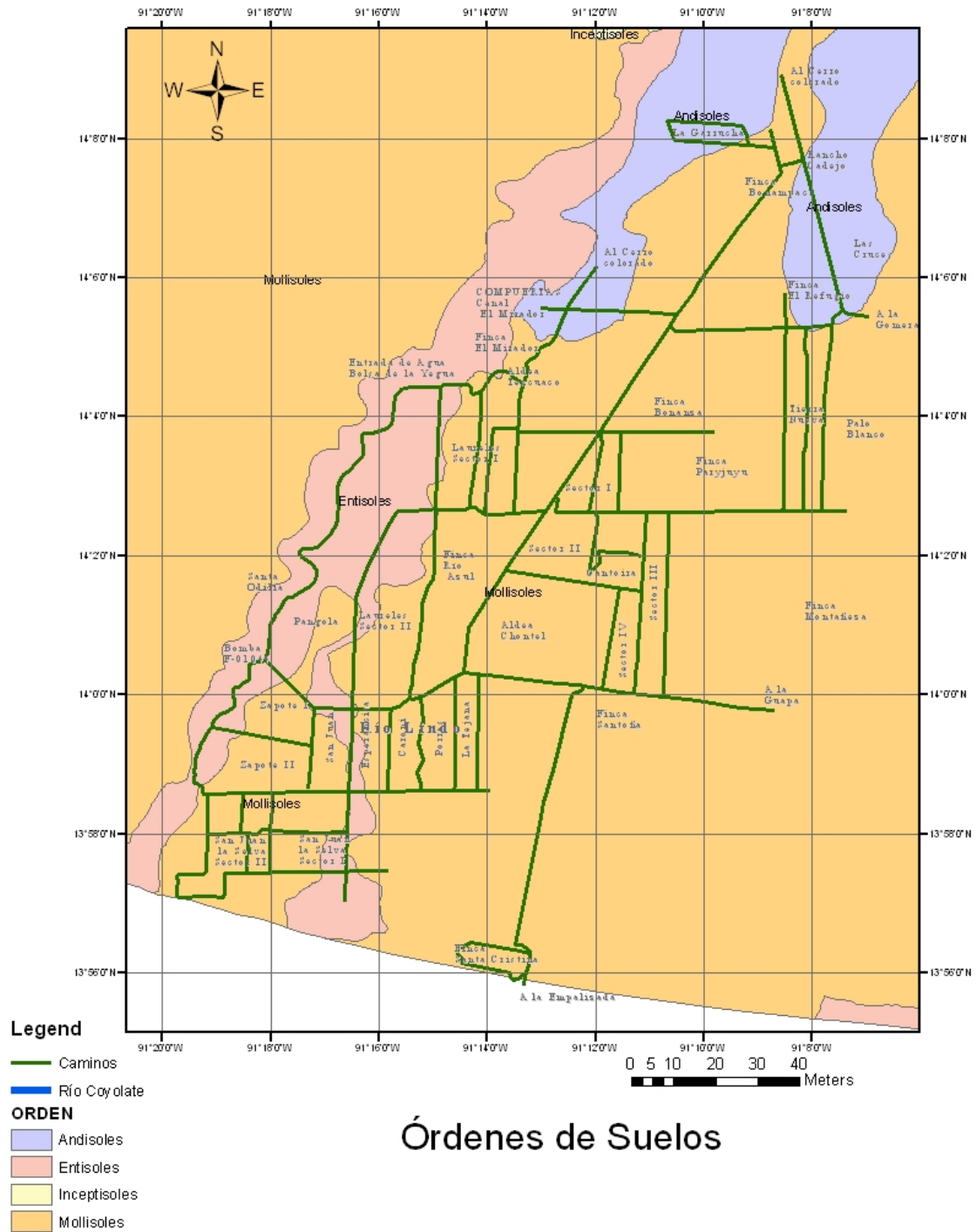
## **B. Mollisoles**

Son suelos profundos y moderadamente profundos, limitados en ciertas zonas por el nivel freático, el drenaje natural es de bueno a excesivo y la capacidad de retención de humedad es muy baja. El pH en todos los casos presenta reacción ligeramente ácida en la superficie y tiende a neutra a mayor profundidad; el contenido de materia orgánica es moderado, la capacidad de intercambio catiónico es moderada en casi todos los horizontes, la saturación total de bases es muy alta en todo el perfil y la relación calcio-magnesio es normal.

En el mapa de taxonomía de suelos (Figura 3) de la zona de producción número seis, se aprecia que los mollisoles presentan predominancia, los cuales son arenosos con un intercambio catiónico moderado y bajos contenidos de materia orgánica, son suelos profundos y con baja retención de la humedad.

### **1.2.5 Zona de vida**

Según De La Cruz (3), la zona seis se encuentra ubicada dentro de la zona de vida del Bosque Húmedo Subtropical (cálido), además menciona que posee un clima cálido con una temperatura promedio de 30 °C, la cual tiende a elevarse de marzo a mayo. La humedad relativa para toda la zona es del 78 por ciento, con un promedio de 9 a 10 horas luz diarias, factor muy importante para el buen rendimiento de la caña de azúcar, basados en sus características fisiológicas, las cuales se enmarcan en una fisiología tipo C4, la cual tiene la capacidad de realizar la fotosíntesis de una excelente forma para las horas luz diarias que se reportaron anteriormente.



**Figura 3. Clasificación de los suelos de la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

### **1.2.6 Vías de acceso**

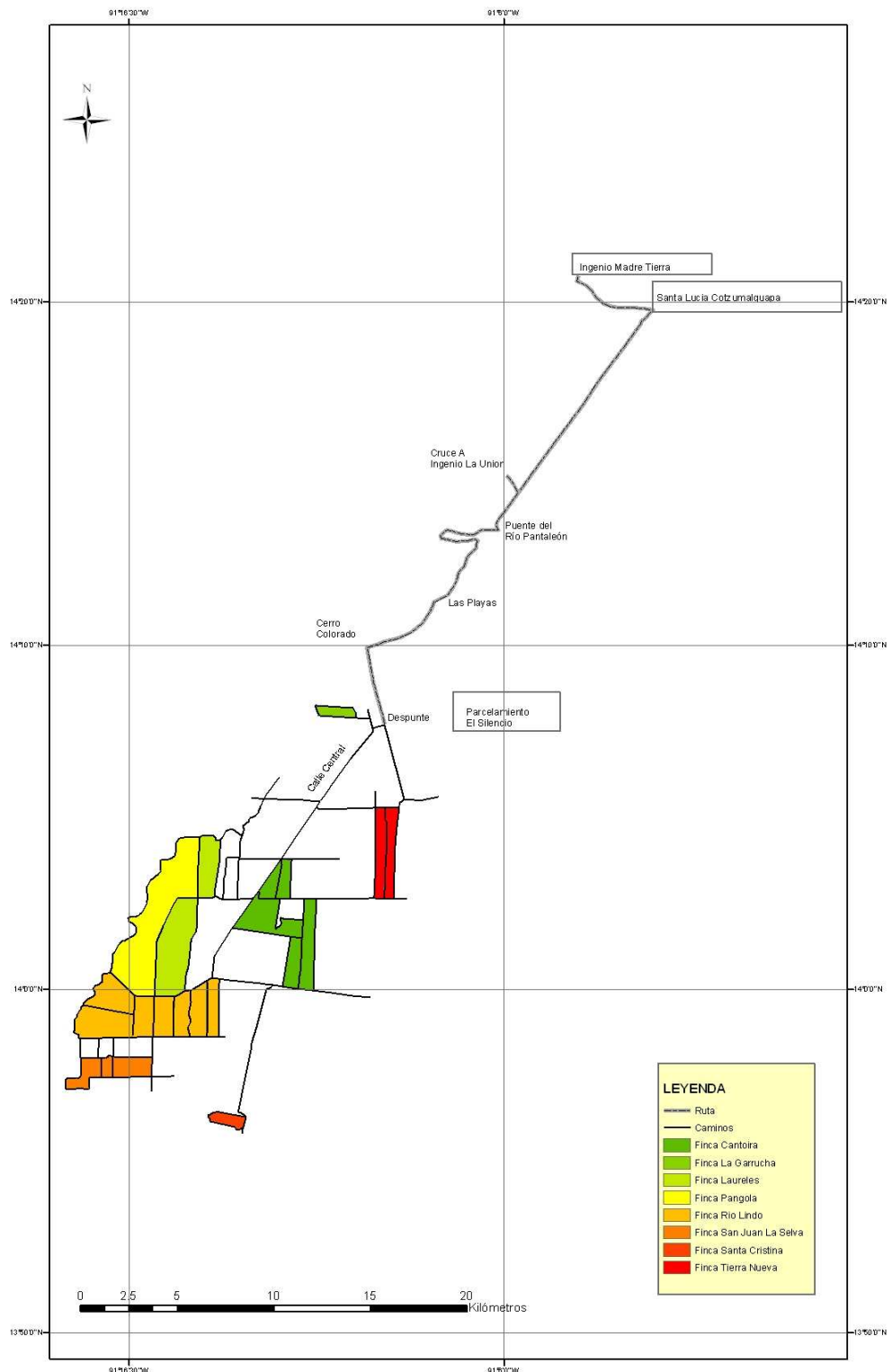
Existen dos vías alternativas para llegar a la zona de producción seis tomando como punto de partida el Ingenio Madre Tierra, estas vías se describen a continuación y en las figuras 4 y 5.

#### **A. Vía de acceso uno**

Teniendo como punto de partida el Ingenio Madre Tierra, desplazarse sobre la carretera asfaltada del pacífico denominada CA-2 y dirigirse hacia el kilómetro 89, ubicado en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, hasta llegar específicamente al aserradero Estrada, desde este punto desplazarse hacia el Sur hasta llegar a la Aldea El Cerro Colorado, a partir de El Cerro Colorado recorrer 6 kilómetros hacia el Sur hasta llegar a la entrada de la finca El Silencio, de la entrada de la finca el Silencio recorrer 17 kilómetros hacia el Sur Oeste hasta llegar a la Aldea Chontel, la cual colinda con la parte Oeste de la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, la ruta descrita se muestra en la figura 4.

#### **B. Vía de acceso dos**

Teniendo como punto de partida el Ingenio Madre Tierra, desplazarse sobre la carretera asfaltada del pacífico denominada CA-2 y dirigirse hasta el municipio de Siquinalá, desde el Municipio de Siquinalá desplazarse hacia el Sur en la ruta hacia Sipacate, justo sobre el kilómetro 127.50 se encuentra la entrada de la finca Oro Blanco, de la entrada de la finca Oro Blanco recorrer en el camino de terracería 12 kilómetros hasta llegar a la Aldea Las Chuspas, la cual colinda en la parte Oeste con la finca Río Lindo que pertenece a la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, la ruta descrita se muestra en la figura 5.



**Figura 4. Vía de acceso uno, para la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

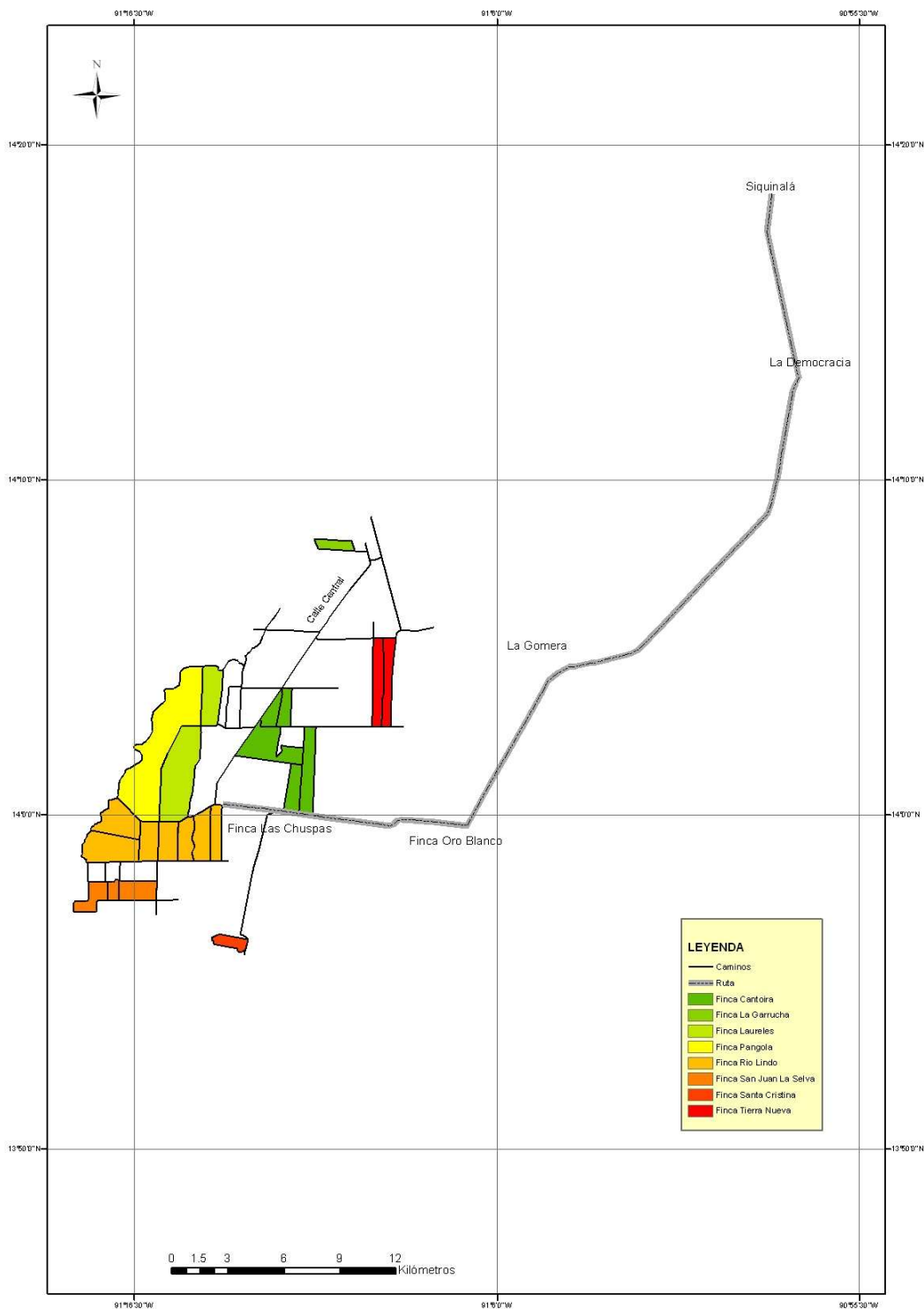


Figura 5. Vía de acceso dos, para la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.



## 1.2.7 Recursos

### A. Naturales

En cuanto a los recursos naturales, la zona cuenta con un área de 6,020.80 hectáreas, las cuales se dedican única y exclusivamente a la producción del cultivo de la caña de azúcar, otro recurso natural relacionado con la producción de caña de azúcar en al zona de producción seis es la colindancia del río Coyolate con la zona, el cual abastece de agua para riego al cultivo.

### B. Físicos

Los recursos físicos con que cuenta la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra se presenta en el cuadro 2 a continuación.

**Cuadro 2. Inventario de equipo agrícola con que cuenta la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

INVENTARIO DE IMPLEMENTOS AGRICOLAS DE LA ZONA					
Número	CODIGO	DESCRIPCION	Número	CODIGO	DESCRIPCION
CULTIVADORAS DE DISCOS (3 x 24")			INVENTARIO DE TRACTORES		
1	E-01008	Hi-Crop p/gas	1	A 16002	John Deere
2	E-01010	Convencional	2	A 16005	John Deere
3	E-01026	Convencional	3	A 16007	John Deere
4	E-04002	4 secciones de 4 discos	4	A 16009	John Deere
CULTIVADORAS DE GANCHOS			5	A 16011	John Deere
1	E-02005	4 ganchos	6	A 11003	John Deere
FERTILIZADORAS			7	A 14005	John Deere
1	E-01018	Hi-Crop de discos (3 x 24")	8	A 14009	John Deere
2	E-01022	Hi-Crop de discos (3 x 24")	9	A 11003	John Deere
3	E-01028	Convencional de discos (3 x 24")	10	A 11005	John Deere
CHAPEADORAS			11	A 11010	John Deere
1	E-15009	Levante hidráulico	SURQUEADORES		
2	E-15010	Levante hidráulico	1	E-07002	Sencillo
3	E-15011	Levante hidráulico	2	E-07006	Sencillo
4	E-15014	Levante hidráulico	3	E-07007	Doble sin tolva
5	E-15017	Levante hidráulico	4	E-07026	Doble sin tolva
DESCARNADORES			SUBSOLADORES		
1	E-06025	6 puntas	1	E-06003	2 puntas
2	E-06026	6 puntas	2	E-06013	2 puntas
ZANJEADORES			CUCHILLAS		
1	E-07021	Zanjeador tiburón	1	E-06014	2 Cuchillas
DESPEJADOR DE RONDAS					
1	E-03001	1 Aletón de 45" de longitud			

Fuente: Jefe de oficina, de la zona seis del Ingenio Madre Tierra.

### **C. Humanos**

En cuanto a los recursos humanos, la zona seis se encuentra dividida en función del rango que desempeña cada trabajador. Según la administración de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, la función o labor que desempeña cada trabajador es la siguiente.

#### **a. Gerente de zona**

Programa, coordina, supervisa, y evalúa todas las labores que se realicen en la zona. Vela por el correcto cumplimiento de las normas administrativas establecidas por la empresa y el cumplimiento de las funciones del personal a su cargo.

#### **b. Asistentes de zona**

Coordina y supervisa las labores de diseño y operación de sistemas de riego, aplicación de herbicidas y ejecución de labores mecanizadas. También supervisa el mantenimiento de las rutas, el desempeño del taller agrícola y la infraestructura física ó construcciones en la zona.

#### **c. Mayordomos**

Coordinan, ejecutan, supervisan y reportan las labores de manejo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha.

#### **d. Encargado de oficina y planilleros**

Controla la ejecución presupuestaria de la zona, hace las respectivas planillas de fondos quincenales, elabora los reportes presupuestarios quincenales, realiza los pagos al personal, los informes de suspensión y certificados del I.G.S.S.

#### **e. Bodeguero**

Controla el inventario de insumos como agroquímicos, combustibles, herramientas y lubricantes, para realizar un reporte mensual del inventario de insumos.

**f. Caporales**

Supervisan, ejecutan y distribuyen tareas en el campo, y reportan los jornales utilizados por labor.

**g. Guardianes**

Velan por el resguardo de las instalaciones y el equipo de la zona, así como el orden y limpieza de su área de trabajo.

**h. Pilotos de buses**

Transporta al personal a las distintas áreas de trabajo.

**i. Tractoristas**

Realiza labores de manejo del cultivo, transporta insumos dentro de la zona, transporta personal, vela por el mantenimiento y buen funcionamiento del equipo asignado.

**j. Jornalero**

Ejecuta labores para el manejo del cultivo y vela por el resguardo de las herramientas asignadas.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General**

Caracterizar el manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra.

#### **1.3.2 Específicos**

- A. Describir el manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.).
  
- B. Identificar las principales limitantes en la producción y manejo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

## **1.4 METODOLOGÍA**

Para realizar el diagnóstico, se recopiló información de fuentes primarias y secundarias realizando los siguientes pasos:

### **1.4.1 Reconocimiento del personal y área de la zona**

El primer paso para realizar el diagnóstico fue conocer al personal que labora en la zona de producción seis, su puesto a cargo y atribuciones, posterior a ello se realizaron recorridos por las fincas que componen la zona a fin de identificarlas e identificar al personal vinculado a las mismas.

### **1.4.2 Descripción del manejo agronómico**

Se definieron y describieron las fases principales del manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar: tipos de siembra, labores de manejo del cultivo post-siembra, cosecha del cultivo (corte, alce y transporte), esto, dentro de la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra.

### **1.4.3 Identificación de las principales limitantes**

Al momento de la descripción de las fases del manejo del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) por parte del personal técnico de la zona, se les consultaba si existía alguna dificultad en el proceso o manejo de dicha fase.

Posterior a ello se realizaron encuestas para determinar en consenso y de forma ponderada con el personal de la zona de producción seis, los principales problemas en las fases del manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar. La encuesta para determinar los principales problemas de la zona se adjunta en el apéndice del trabajo de graduación.

Mediante un diagrama de Wilfredo Pareto se identificaron, los principales problemas a resolver en la zona, para el mejor desarrollo del manejo productivo.

## **1.5 RESULTADOS**

### **1.5.1 Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar**

El manejo agronómico comprende tres fases: siembra del cultivo, manejo post-siembra y cosecha, cada una de estas fases es de suma importancia para obtener altos rendimientos productivos. En el cultivo de la caña de azúcar es importante la producción por año y el tiempo de renovación de la plantación, un cañal es renovado en la zona seis cuando su producción es menor de 60 toneladas por hectárea, que por lo general se presenta, cuando el cañal tiene de 4 a 6 años sin haberse renovado.

#### **A. Tipos de siembra**

La zona seis cuenta con dos tipos de siembra, la labranza mínima para caña destinada a la producción de azúcar y labranza convencional para caña que se utilizará como semilla asexual. Se llama semilla asexual, a un esqueje de 30 centímetros que presenta desde 3 hasta 6 yemas, para reproducción vegetativa de la caña.

##### **a. Labranza mínima**

Consiste en eliminar la caña vieja por medio de una aplicación de herbicida, esta aplicación se realiza diez días después de haber germinado la caña vieja o caña a eliminar. Para la zona de producción seis la aplicación se realiza con un aguilón Jacto modelo Condor, con un tractor JD 5500, con boquillas 800050, a una dosis de 4.29 litros por hectárea de ingrediente activo (para la zona el I.A. es glifosato), con un volumen de mezcla de 21.50 litros por hectárea, para una concentración al 20 por ciento de volumen de ingrediente activo. Posterior a la aplicación del herbicida se subsola y surquea el entre surco de la caña vieja, para depositar la semilla asexual en los surcos nuevos.

##### **b. Labranza convencional**

Este tipo de labranza se puede realizar inmediatamente después de la cosecha, consiste en rastrear el campo de cultivo a fin de eliminar toda la caña vieja ó caña soca presente, posterior a ello se pasa un arado en el campo de cultivo, para eliminar cualquier cepa vieja de caña aún existente y airear el suelo. Posterior al paso de rastra y arado al suelo se subsola y surquea, para depositar la semilla de caña, en los surcos nuevos.

## **B. Manejo agronómico en la siembra**

A continuación se describen las labores realizadas en la siembra de la caña de azúcar, y la eficiencia por turno con que se realizan las labores.

Como la eficiencia en la zona de producción seis se mide por turno, se hace importante especificar que un turno consiste en 8 horas laboradas, para las labores realizadas con implementos agrícolas incluyen traslado del tractor e implemento al área o campo de trabajo, así como tiempo de alimentación del tractorista, el turno puede ser en la noche o en el día.

### **a. Arado**

Realiza una doble función elimina la caña vieja y prepara el suelo para la siembra dejando el suelo suelto permitiendo una mejor aireación, se realiza con una eficiencia de 0.7 hectáreas por turno.

### **b. Rastreado**

Afloja el suelo dejándolo listo para subsolar y surquear, aparte, elimina caña vieja dejando limpio el terreno para la nueva siembra, su eficiencia es de 1.2 hectáreas por turno.

### **c. Subsulado**

En labranza mínima se realiza cinco días después de la aplicación del herbicida, para labranza convencional de 1 a 2 días después del paso de la rastra, el implemento va a una profundidad desde 40 hasta 45 centímetros, con subsoladores de 3 cinceles distanciados a 1.5 metros, en la zona la eficiencia es de 10.50 hectáreas por turno.

### **d. Surqueado**

Se realiza de uno a dos días después del subsulado, el implemento cuenta con dos surqueadores tipo tiburón cada uno a una distancia de 1.50 metros, el implemento va a una profundidad desde 25 hasta 30 centímetros, y se realizan 8.50 hectáreas por turno.

**e. Tarjeteado y estaquillado**

Se realiza a cada 5 surcos y consiste en dejar una estaca a cada 10 metros. Cada estaca tiene una tarjeta con la información de la cantidad de paquetes de semilla que se dejan por estaca, para luego distribuirlos dentro de los surcos, en la zona cada caporal realiza desde 4.5 hasta 5 hectáreas por día.

**f. Corte de semilla**

Es manual y los cortadores forman paquetes con 30 esquejes de caña de 60 centímetros de largo cada esqueje, los cuales son amarrados con cogollos de la misma caña cortada, cada jornalero corta desde 150 hasta 160 paquetes por día, la caña utilizada para semilla debe tener de 5 a 6 meses.

**g. Transporte y descarga de semilla**

Se realiza en camiones con capacidad para 1,000 paquetes por viaje, cada camión cuenta con un equipo de 4 jornaleros en carga y descarga del camión, y los paquetes de semilla se distribuyen de acuerdo al estaquillado.

**h. Siembra manual**

Consiste en la distribución manual de los esquejes caña en los surcos, en la zona se siembran los esquejes de caña traslapados en el surco, los jornaleros realizan aproximadamente 0.86 hectáreas por día.

**i. Tapado de semilla**

Se realiza un día después de la siembra, de forma mecanizada con una tapadora con capacidad para 4 surcos por tapada, solamente en caso de que el terreno se encuentre muy húmedo la tapada se da de forma manual con azadón.

**C. Manejo del cultivo post-siembra**

Las actividades que se describen a continuación son propiamente del manejo del cultivo de la caña de azúcar después del proceso de siembra, no importando el tipo de siembra realizado.



**a. Control de malezas**

En la zona se realizan tres tipos de control para las malezas: el control químico, el control manual y el control mecanizado.

**i. Control químico**

Se realiza mediante mezclas de herbicidas o el uso de un solo herbicida. El herbicida a utilizar, la mezcla y la dosis dependen del mayordomo encargado del campo de cultivo a aplicar. El control químico puede ser de tipo post-emergente temprano y post-emergente tardío, el control post-emergente temprano se realiza 12 días después de haber sembrado, esta aplicación de herbicida busca controlar las malezas durante los primeros 45 días de desarrollo del cultivo, la aplicación se puede realizar con aguilón y un tanden de boquillas, con bombas de presión constante y con bombas de presión manual.

Las mezclas utilizadas en esta aplicación son: Paraquat, Pendimetalina, 2-4 D y adherente; esta mezcla tiene como fin reducir o controlar las malezas del tipo gramíneas y especies de hoja ancha; Terbutrina, Pendimetalina y adherente; esta mezcla tiene como fin reducir o controlar gramíneas y principalmente *Rottboelia cochinchinensis*.

En la zona no hay lugares que presenten exclusivamente malezas del tipo de hoja ancha por lo tanto no se tiene una mezcla preparada para dicho caso.

El control post-emergente tardío se realiza a fin de mantener limpio el cañal hasta una edad de traslape de hojas de caña de diferentes surcos, lo que provoca sombra en el entre surco y evita el crecimiento de las malezas. La aplicación se realiza de 80 a 120 días después de sembrada la caña, con bombas de presión constante y presión manual con boquillas Teejet XR 8002 o Teejet XR 11004, las mezclas utilizadas en esta aplicación son: Arsénico, Ametrina, 2-4 D y adherente esta mezcla se utiliza para controlar o reducir gramíneas y malezas de hoja ancha; Imazapir, 2-4 D y adherente también se utiliza para el control de gramíneas y malezas de hoja ancha.

## ii. Control manual

En la zona se realiza dirigido al control de caminadora (*Rottboelia cochinchinensis*) mediante el arranque y limpieas con machete, en lugares donde la aplicación no sea posible por el tamaño de la maleza.

## iii. Control mecanizado

Se realiza con una cultivadora de discos, no es útil en el control de malezas como *Cyperus rotundus* por la reproducción en estolones que tiene esta maleza, pero si controla otras gramíneas y principalmente malezas de hoja ancha, este tipo de control también proporciona aireación al suelo. Esta labor se puede utilizar para fertilizar los campos de cultivo y se realiza aproximadamente a los 45 días después de la primera aplicación de herbicida, la eficiencia es de 0.15 jornales por hectárea equivalente a 1.2 horas por hectárea.

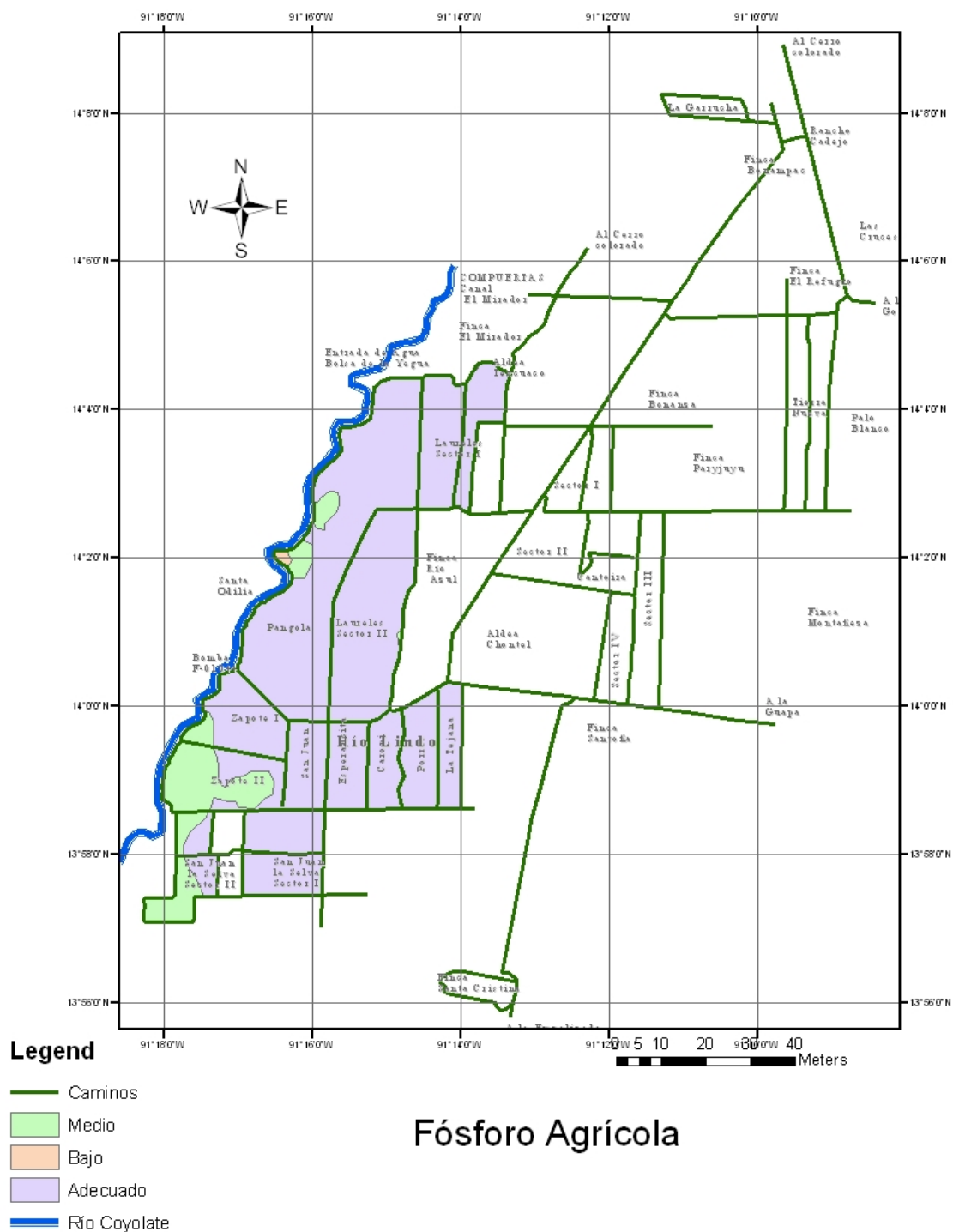
## b. Riego

Se da por aspersión, gravedad mediante canales en áreas donde existe una pendiente propicia para que el agua descienda por el canal. En el riego por aspersión la frecuencia es de 19 a 21 días, con una lámina de 45 a 50 milímetros profundidad, lo cual se logra, con una duración de 1.5 horas por posición del aspersor. En el riego por gravedad la frecuencia es de 30 días y no se conoce la lámina de riego, el tiempo de riego y su lámina son manejados de forma empírica, ya que para este riego no se ha realizado ningún tipo de estudio en la zona.

## c. Fertilización

La fertilización es mecanizada por medio de una ferticultivadora, los rendimientos ascienden a 22 hectáreas por turno en caña plantía y 25 hectáreas en caña soca.

La dosis de nitrógeno aplicada es de 80 kilogramos por hectárea en caña plantía y 100 kilogramos por hectárea en caña soca, debido a que los suelos de la zona son de tipo molisoles, no se aplica fósforo en la fertilización, pues los suelos de la zona presentan altos contenidos de este elemento como se muestra en la figura 6.



**Figura 6. Nivel de fósforo en los suelos de la zona seis, del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

**d. Aplicación de madurante**

Se realiza con el fin de adelantar la madurez fisiológica e inhibir la etapa de floración de la caña, para tener campos de cultivo preparados para cosechar en las primeras fases de la temporada de zafra. La aplicación del madurante se realiza con avioneta, y la mezcla que se aplica tiene una concentración del 10 por ciento de ingrediente activo que son 448 gramos por hectárea, el ingrediente activo utilizado en la zona es el glifosato.

Por lo general se debe cosechar un campo de cultivo aplicado con madurante un mes después de la aplicación, esto porque, el glifosato presenta antagonismo en las giberelinas e impide el alargamiento celular, lo que produce que la planta concentre su energía en producir azúcares y no en desarrollo vegetativo. Antes de la aplicación de madurante, se realiza un brechado de surcos, para la colocación de banderas, que sirven de guías al piloto que realiza la aplicación desde la avioneta.

**e. Rondeos**

Se llama rondo en el medio cañero a la limpieza de las calles dentro de las fincas para evitar el crecimiento de malezas. Los rondos pueden ser de tipo mecánico, químico y mecánicos manuales.

**i. Rondeo Mecánico**

Se realiza con chapeadoras mecánicas incorporadas a tractores para eliminar las malezas de las calles que son vías de acceso a los campos de cultivo.

**ii. Rondeo químico**

Se utilizan aguillones y la aplicación desde el aguillón no es con un tanden de boquillas sino con una manguera, la cual tiene la mezcla de herbicidas para el control de las malezas.

**iii. Rondeo mecánico manual**

Se realiza con personal al que se le proporcionan chapeadorean manuales.

**f. Despeje de rondas**

Consiste en empujar la caña que por los vientos o por otra razón se inclino hacia las calles de las fincas, hacia adentro del campo de cultivo. Esta labor pretende no perder caña que pueda ser destrozada por el paso de vehiculos.

**D. Cosecha**

La cosecha de la caña de azúcar comprende tres etapas: corte, alce y transporte. En la zona de producción seis puede ser de tipo manual o mecanizada, la cosecha mecanizada reduce las pérdidas en el transporte, pero aumenta los costos de renovaciones, porque las cosechadoras arrancan la cepa de los cañales y compactan el suelo, por lo tanto en la zona la cosecha mecanizada se utiliza en campos de cultivo que se van a renovar.

**a. Corte**

Puede ser de forma manual o mecanizada, de forma manual se realiza con personal, que cuenta con machetes especiales llamados de tipo colombiana, los cuales sirven para que el corte sea más fácil y más bajo en el tallo de caña. Para el corte de tipo manual el acomodo de la caña cortada de cinco surcos se coloca en una hilera, esto se realiza así, a cada cinco surcos. El corte de forma mecanizada se realiza con cosechadoras que abarcan grandes extensiones de área cortando y picando la caña.

**b. Alce**

Consiste en depositar la caña cortada, en las jaulas de los camiones, para su transporte de los campos de cultivo la Ingenio Madre Tierra. El llenado se da por medio de alzadoras mecánicas las cuales agarran la caña acomodada en hileras y la depositan en las jaulas del camión mediante un brazo hidráulico.

**c. Transporte**

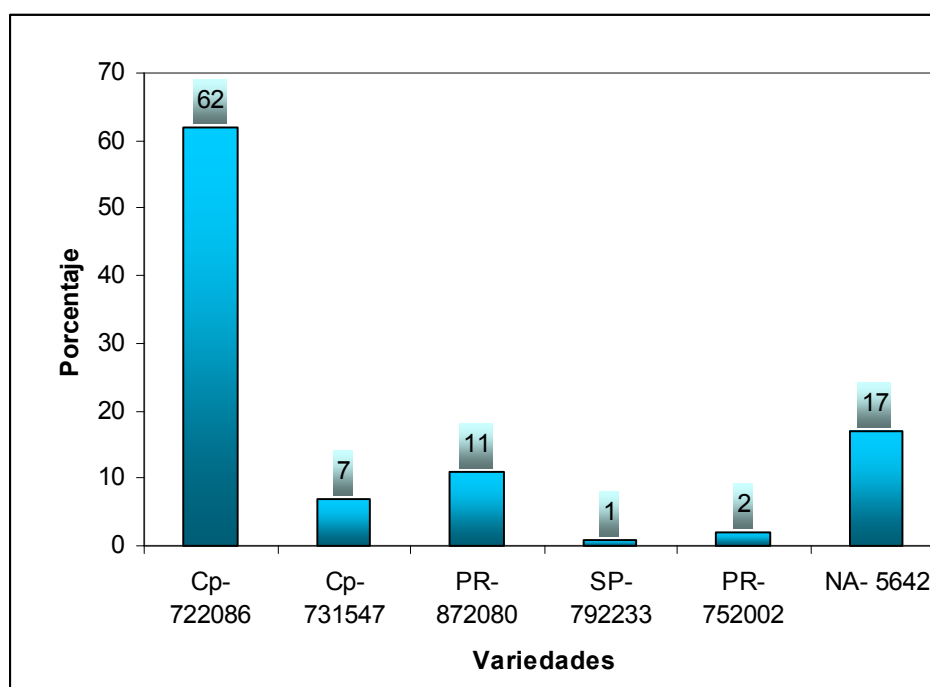
Se realiza en camiones que para la zona cuentan con dos jaulas, los cuales tienen capacidad de transportar de 40 a 50 toneladas por viaje, y los transportistas realizan de 3 a 4 viajes por turno, los turnos de los transportistas son de 12 horas.

#### d. Requema

Se realiza de 8 a 9 días después del corte de la caña, y tiene como fin eliminar la basura de caña que quedo de la cosecha en los campos de cultivo. Al momento del corte de caña queda gran cantidad de basura de las hojas de la caña, la cual se acomoda en una hilera que contiene la basura de 5 surcos, en el medio cañero ha esto se le llama chorra<sup>4</sup>.

#### E. Composición varietal

La zona seis del Ingenio Madre Tierra cuenta con predominancia de la variedad Cp. 72-2086 como se muestra la figura 7 a continuación.



**Figura 7. Composición varietal en la zona seis, del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

Fuente. Gerencia zona 6, Ingenio Madre Tierra.

La variedad Cp. 72-2086 abarca más del 60 por ciento del total del área de la zona, algo importante es que la zona cuenta con un área destinada para cada variedad. Los promedios por variedad de caña en la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra se presentan en el cuadro 3.

<sup>4</sup> Chorra: Hilera que tiene la basura de 5 surcos de caña que se han cortado.

**Cuadro 3. Promedios de producción de caña de azúcar por variedad en la zona seis, del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

Variedad	Porcentaje de área	Toneladas por hectárea	Area neta	Toneladas netas
Cp- 722086	62	121.82	3,732.90	454741.39
Cp- 731547	7	116.42	421.46	49065.91
PR- 872080	11	97.75	662.288	64738.65
SP- 792233	1	89.12	60.208	5365.74
PR- 752002	2	114	120.416	13727.42
NA- 5642	17	129.05	1023.536	132087.32
			<b>6,020.80</b>	<b>719726.43</b>

Fuente. Gerente zona 6. Ingenio Madre Tierra.

La variedad con el rendimiento más alto es la N.A.- 5642, pero la más utilizada en la zona es la variedad C.P. 72-2086, porque es fácil su manejo en la cosecha ya que no es una variedad quebradiza, lo que permite que se acomode fácilmente en las jaulas de los camiones, y por lo general los cañales sembrados con esta variedad no son renovados antes de dar 5 producciones.

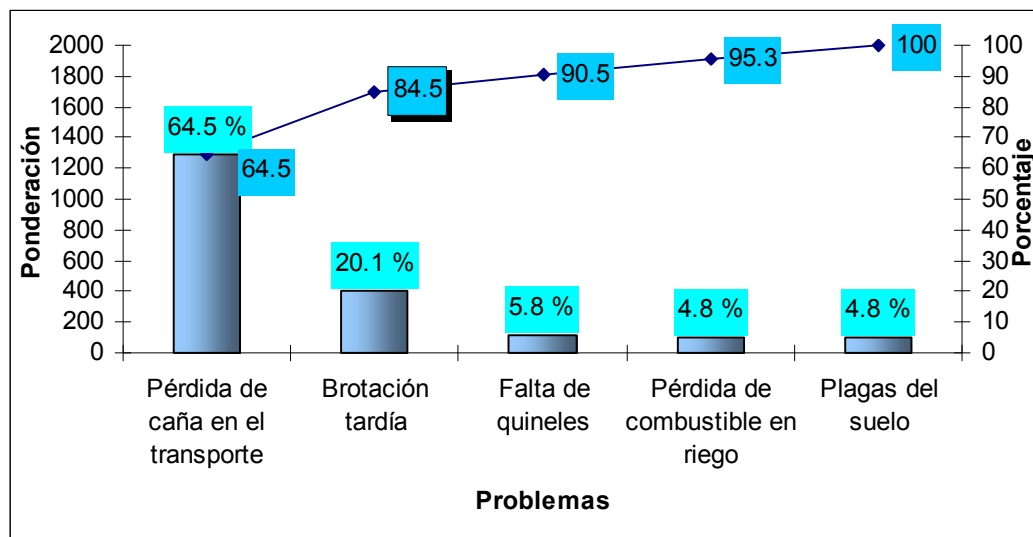
La variedad con un rendimiento menor en cuanto a producción por año es la S.P. 79-2233, esta variedad esta sembrada en las fincas Santa Cristina y San Juan la Selva en las partes mas bajas que tienen problemas de salinidad, por su resistencia a las altas concentraciones de sales es que se sigue utilizando no importando que presente la menor producción por año.

### 1.5.2 Principales problemas de la zona

A propuesta de la Gerencia de la zona seis se realizó una encuesta para determinar de forma ponderada cuales eran las principales problemas de la zona, entre las principales problemas se encontraron: la pérdida de caña en el transporte, la brotación tardía, la falta de quineles en algunas partes de la zona, la posible amenaza de problemas de plagas del suelo en las fincas La Garrucha y Tierra Nueva por problemas de plagas del suelo en fincas aledañas y la perdida de combustible en el riego.

Mediante un diagrama de Wilfredo Pareto se determinó cuales de los problemas debían resolverse prioritariamente. Según Pareto resolviendo el 20 por ciento de los causas que producen los problemas, evitamos el 80 por ciento de los problemas, a

continuación se presenta el diagrama de Pareto de las limitaciones de la zona de producción seis en la figura 8.



**Figura 8. Diagrama de Pareto de los principales problemas de la zona.**

Por lo tanto según el diagrama de Pareto se debe encontrar la forma de evitar la pérdida de caña en el transporte y determinar un parámetro de profundidad de siembra para evitar la brotación tardía de caña. El hecho de que Pareto recomiende resolver las causas que comprendan el 80 por ciento de la problemática, no quiere decir que solo esto se deba resolver, lo que indica es que las causas que comprendan este 80 por ciento deben resolverse prioritariamente.



## 1.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1.6.1 Conclusiones

- A. Las fases del manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) son siembra, manejo del cultivo post-siembra y cosecha.
  
- B. Las principales limitantes en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), son: la pérdida de caña en el transporte y la brotación tardía debido al tapado mecanizado.

### 1.6.2 Recomendaciones

- A. Evaluar técnicas que controlen la pérdida de caña en el transporte.
  
- B. Determinar un parámetro en la profundidad de siembra para evitar la brotación tardía de caña.

## 1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala, en el área de Río Lindo. Guatemala. 75 p.
2. Chávez Solera, MA. 1991. La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar. Colombia, s.e. 13 p.
3. Chen, J.B; Yang, S. 1980. Germination response of sugar cane cultivars to soils moisture and temperature. In Congress of International Society of Sugar Cane Technologists (17., 1980, Manila). Proceedings. Filipinas, Print-In. p. 30-37.
4. Cruz S, JR De la. 1982. Descripción de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. Echeverría, C. 2004. Pérdidas de caña por transporte hasta el despunte (entrevista). Finca Río Lindo, La Gomera, Escuintla, Guatemala, Ingenio Madre Tierra, Zona 6, Gerencia.
6. Flores, S. 1976. Manual de caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.
7. Humbert, RP. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719 p.
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1981. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja La Gomera, no. 1958 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.

**CAPÍTULO II**  
**INVESTIGACIÓN**

**ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.), DURANTE EL TRANSPORTE, DEL ALCE AL DESPUNTE, EN LA ZONA DE PRODUCCIÓN SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA**

**ESTIMATION OF THE LOSS OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) FROM THE LOADING OF TRUCKS AT THE FIELD TO ITS PREPARATION FOR ROAD TRANSPORTATION IN THE AREA SIX OF PRODUCTION AT THE MADRE TIERRA SUGAR MILL**

## 2.1 PRESENTACIÓN

En la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, el principal problema es la pérdida de caña durante el transporte del alce al despunte. El objetivo principal de la presente investigación es estimar la pérdida de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) originada durante el transporte, del alce al despunte, en la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra y evaluar varias técnicas que reduzcan las pérdidas de caña en el transporte. La estimación de la pérdida de caña se llevó a cabo mediante monitoreo a los camiones, estableciendo tres rutas de monitoreo, en las cuales se realizaron colectas de la caña dejada sobre el recorrido, a fin de cuantificar la caña perdida por viaje, la caña perdida por hectárea y el costo de esa pérdida por hectárea. Se establecieron las principales causas de la pérdida y finalmente se evaluaron económicamente tres técnicas para reducir la pérdida de caña durante el transporte.

Los resultados principales de esta investigación indican que durante el transporte de la caña de azúcar del alce al despunte se pierden 1.52 toneladas por hectárea, que representan un costo de Q. 21.53 quetzales por hectárea y de Q. 129,607.24 quetzales para la zona seis del Ingenio Madre Tierra. Las principales causas de pérdida son el mal alce y el mal estado de las rutas, que representan el 20 por ciento de las causas y provocan el 80 por ciento de la pérdida durante el transporte.

Luego de estimada la pérdida, se evaluaron económicamente dos sistemas de enganche y un tipo de llenado del camión, con la finalidad de reducir la caída de caña y evaluar su viabilidad económica. Se determinó que el sistema de enganche de fajas incorporadas es la mejor técnica para reducir la pérdida de caña en el transporte. Se redujo la pérdida de caña en un 75%, se recuperaron Q. 85,961.49 quetzales sobre el monto de inversión y un 20 por ciento de ganancia según su valor actual neto (VAN) evaluado para 5 años, la tasa interna de retorno del sistema de fajas incorporadas al camión es de 404.37 mas alta que cualquier costo o tasa de corte planteada por la Industria azucarera, incluso es mayor a la tasa promedio de intereses de los bancos del país (13.8 %) y aparte el sistema representa un aumento en la eficiencia total de sus factores del primer al segundo año de 11.84 por ciento.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

La caña de azúcar es una gramínea cuyo tallo es su parte aprovechable pues en él se produce y almacena sacarosa, que se utiliza para la producción de azúcar, generalmente el número de tallos que se desarrollan por metro lineal fluctúa entre 10 y 15, lo cual da una población de 60 a 70 mil tallos por hectárea, el cultivo de la caña de azúcar proporciona varias cosechas.

### 2.2.1 Importancia de la cosecha del cultivo

La cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se compone del corte, alce y transporte, llamadas en el medio cañero con las siglas CAT, estas tres etapas son de suma importancia en los ingenios azucareros. La cosecha puede ser de tipo manual o mecanizada, la cosecha mecanizada reduce las pérdidas en el transporte, pero aumenta los costos de renovaciones, pues las cosechadoras arrancan grandes cantidades de cepa de los cañales y compactan el suelo, lo que provoca alta inversión en resiembras (5).

### 2.2.2 Etapas de la cosecha (CAT)

#### A. Planeación del corte

Para que la cosecha sea eficiente se debe planear el corte de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en bloques que pueden ir de 100 a 200 hectáreas, esto de acuerdo al tamaño del frente<sup>5</sup> de corte y a la capacidad de transporte con que cuenta el Ingenio (14). Para determinar los bloques se toma en cuenta las variedades, el tipo de suelo, la edad de la caña y la fecha de aplicación del madurante.

La edad de corte de la caña oscila de 11 a 14 meses después de la siembra, y la fecha de corte de la variedad se asigna de acuerdo al clima, la rapidez de maduración, el manejo de la plantación y las necesidades de molienda (2). La caña soca se cosecha a una edad más temprana que las plantías, las condiciones edafológicas pueden hacer variar el tiempo de cosecha, pues un suelo con exceso de nitrógeno hace que la caña crezca demasiado y su maduración fisiológica es más retardada, teniéndose que recurrir a la aplicación de madurantes (5).

---

<sup>5</sup> Frente: Grupo de jerarquizado de trabajadores que se dedica exclusivamente a una labor del cultivo, frente de corte, frente de alce, frente de cosecha mecanizada.

## **B. Quema**

La quema de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) previa al corte se ha generalizado en Guatemala, esta permite eliminar las hojas secas y parte del cogollo, facilitando la labor del cortador y disminuyendo la cantidad de basura que se lleva al Ingenio, no es perjudicial para la elaboración del azúcar ni para el empobrecimiento de la fertilidad de los suelos, toda vez que se realice cuidadosamente (para no causar daños a viviendas cercanas) (2).

La caña quemada no sufre deterioro o pérdidas de sacarosa si llega a la fábrica y es procesada después de 48 horas de haber sido quemada. Al momento de realizar la quema se debe tener cuidado con pantes vecinos que aun no estén en tiempo de corte, pues en muchas ocasiones se pasan llamas hacia estos pantes, y provoca quemas accidentales en forma total o parcial del pante, también debe tenerse cuidado con caseríos cercanos. Las prevenciones en la quema para evitar daños consisten en realizar las quemas en horarios de poco viento, que se presente suficiente personal al momento de una quema, para rodear el pante con personal al momento de la quemarlo, así como realizar brechas corta fuego en las calles que rodean los pantes a quemar,.

No debe quemarse más de lo que se va a cortar, con respecto a la brecha corta fuego no debe ser menor de 2 metros de ancho y la hora de quema debe de ser entre 7 y 10 de la mañana o 4 y 6 de la tarde. Durante las primeras 24 horas de quemada la caña, el deterioro es difícil de medir en términos económicos, pero de aquí en adelante se comienza a apreciar el deterioro, hasta llegar a las pérdidas considerables de azúcar en el tallo que es después de 48 horas, formándose grandes cantidades de corcho en la caña (12).

### **a. Ventajas de la quema**

Las ventajas según el departamento de cosecha son las siguientes:

- i. Mayor rendimiento de corte debido a menor cantidad de basura
- ii. Limpieza de la caña
- iii. Minimiza accidentes

iv. Facilita el corte al observarse la base de los tallos

**b. Desventajas de la quema**

- i. Daña la fauna
- ii. Daña el ambiente al contaminarlo
- iii. Puede provocar grandes accidentes

**C. Corte**

Puede ser de forma manual o mecanizada, de forma manual se realiza con personal, que cuenta con machetes especiales llamados de tipo colombiana, que sirven para que el corte sea más fácil. De forma mecanizada se realiza con cosechadoras que abarcan grandes extensiones de área cortando y picando la caña, con esto se evitan las pérdidas de caña en el transporte, pero compactan los suelos y arrancan grandes cantidades de cepa lo que hace que los cañales se deban renovar en períodos cortos de tiempo y que el costo en resiembra de cañales sea alto.

Un frente de corte manual lo componen cortadores, caporales, pilotos de buses para transportar al personal y un supervisor; un frente de corte mecanizado lo componen varias cosechadoras con su respectivo operador y mecánicos de turno para dar mantenimiento al equipo y un supervisor.

**D. Alce**

Es la etapa de la cosecha en donde se deposita la caña cortada en las jaulas de los camiones, para transportar la caña del campo de cultivo al Ingenio azucarero. Las jaulas son llenadas, por medio de alzadoras, las cuales agarran la caña que dejan los cortadores acomodada en estibas o chorra.

Es importante que la caña cortada se coloque en orden, para esto el cortador separa las hojas y el cogollo al momento del corte a unos 50 centímetros de distancia con respecto al lugar donde va dejando la caña cortada, la cual es ordenada y alineada en una hilera recta o chorra de caña, para permitir que la alzadora y el camión con jaulas a llenar

puedan moverse en línea recta dentro del campo de cultivo y provocar el menor daño posible a la cepa (14).

La eficiencia del alce depende del operador, el diseño del pante, la disponibilidad de camiones, surcos con un largo óptimo, aproximadamente 110 metros de largo de surco es lo adecuado y que el terreno no presente problemas de drenaje, para que no existan atascamientos (2).

#### **E. Transporte**

Los primeros sistemas de transporte los constituyeron las carretas de bueyes, luego fueron cediendo su lugar a los ferrocarriles (esto para otros países) y posteriormente a las carretas accionadas con tractor hasta llegar a los camiones con remolques llamados en el medio cañero jaulas, las cuales tienen la capacidad para transportar de 55 a 70 toneladas de caña por viaje. Algo de suma importancia es que el corte, alce y transporte (CAT) pueden representar el cincuenta por ciento del costo total del cultivo antes de llegar a la fábrica, por esto, es necesario seleccionar un transporte eficiente y que reduzca al máximo las pérdidas, pues en el transporte se sufren grandes pérdidas por caída de caña del alce al despunte (2).

En los ingenios azucareros el noventa por ciento de la caña se moviliza con camiones que cuentan con remolques llamados jaulas, por lo general cada camión cuenta con dos jaulas que en total completan de 40 a 50 metros de largo, y según la gerencia de la zona 6 del Ingenio Madre Tierra en cada viaje este equipo de dos jaulas movilizan un aproximado de 50 toneladas por viaje (2).

#### **F. Sistemas de enganche**

Consiste en colocar un tipo de banda sobre el copete de caña que transportan los camiones en las jaulas, este tipo de banda se engancha de ambos lados del camión y en Guatemala se utilizan cadenas y fajas elásticas, tal es el caso del Ingenio La Unión y Los Tarros.



### **2.2.3 Análisis económico**

La administración de los costos es una herramienta útil para la toma de decisiones y la medición de la información financiera, con el fin de determinar la viabilidad de un proyecto o un recurso por parte de la entidad u organización y la reestructuración de una etapa del proceso. Mediante el análisis de costos se pueden reducir los egresos y determinar cual de todos los egresos es el más adecuado a eliminar, con el uso del análisis de costos se puede determinar la utilidad neta de un proyecto o determinar si existe dominancia entre varios proyectos.

#### **A. Utilidad neta**

Esta es un sinónimo de ganancia o beneficio neto o ingreso neto y se obtiene mediante la resta del ingreso bruto de los costos totales (estos se componen de costos fijos y variables). La ganancia máxima es un criterio sumamente utilizado para tomar decisiones entre el uso de dos tratamientos, dos técnicos o dos procesos, pues cualquier entidad pretende ganar la mayor cantidad posible al más bajo costo, o ganar lo máximo aunque tenga un alto costo, bajo este criterio cuando se evalúan varias opciones la mejor opción es aquella que presenta la máxima ganancia.

Hay casos en que las opciones presentan costos similares, por lo que la mejor opción podría ser la alternativa que presente los ingresos totales máximos, en otras ocasiones las opciones presentan ingresos similares entonces, es muy apropiado usar métodos marginales, pues son métodos que conducen a ofrecer la alternativa de mayor ganancia basados en la comparación. Otro método basado en la comparación de técnicas o tratamientos que ayuda a determinar cual presenta mayores ganancias es el análisis de dominancia (16).

#### **B. Análisis de dominancia**

En este método se determinan los costos y beneficios netos, para luego descartar los proyectos, tratamientos ó técnicas cuyos ingresos no compensan los costos incurridos en comparación con las demás alternativas, y se considera que un tratamiento es dominado cuando no supera los beneficios netos de otro tratamiento con menor costo, en

una serie de tratamientos ordenados de mayor a menor costo que varía con sus respectivos beneficios netos.

### **C. Medición de la eficiencia**

La eficiencia se mide, por la relación entre los insumos reales usados en costos y la eficiencia obtenida, cuanto menor sea la cantidad de costos para un sistema o tratamiento, o cuánto más alta sea la eficiencia por determinada cantidad de costos más alto será el nivel de eficiencia. La medición de la eficiencia en el transcurso del tiempo resalta las relaciones específicas insumos-eficiencia que contribuyen al liderazgo de los costos.

### **D. Eficiencia total de los factores**

La eficiencia total de los factores es la razón de la eficiencia de un sistema con respecto a los costos totales para poner en marcha el sistema, la eficiencia total de los factores toma en cuenta todos los costos en forma simultánea vinculando estrechamente la minimización del costo total con la alta eficiencia. La evaluación financiera de inversión sobre la implementación de sistemas para evitar la pérdida de caña en el transporte se puede realizar por medio del Valor Actual Neto (VAN) tomando una tasa de descuento y por medio de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

### **E. Valor Actual Neto (VAN)**

El VAN de un proyecto es el valor actual o presente neto, es decir ingresos menos gastos descontados a una cierta tasa de descuento.

### **F. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es la tasa de interés con la cual el valor actual neto de un flujo de inversiones, gastos e ingresos se hace igual a cero y para que esto ocurra, se debe de dar que el valor descontado actual de ingresos sea igual al valor descontado actual de egresos, entonces la TIR no es más que la tasa de interés que permite satisfacer la ecuación de equilibrio.

## 2.3 OBJETIVOS

### General

Estimar la pérdida de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) originada durante el transporte, del alce al despunte, en la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra.

### 2.3.2 Específicos

- A. Estimar la pérdida en quetzales por hectárea causada por la caída de caña durante el transporte.
- B. Determinar las principales causas de la pérdida de caña durante el transporte del alce al despunte.
- C. Evaluar varias técnicas para reducir la pérdida de caña durante el transporte.

## **2.4 METODOLOGÍA**

### **2.4.1 Rutas de colecta**

Se establecieron las fincas dentro de las cuales se realizaron las colectas (previas y definitivas), las cuales fueron escogidas al azar. Las fincas que se excluyeron de la selección fueron, Tierra Nueva porque ya había sido cosechada cuando se planteó la investigación, Palo Blanco y Santa Cristina porque son cosechadas por otro ingenio.

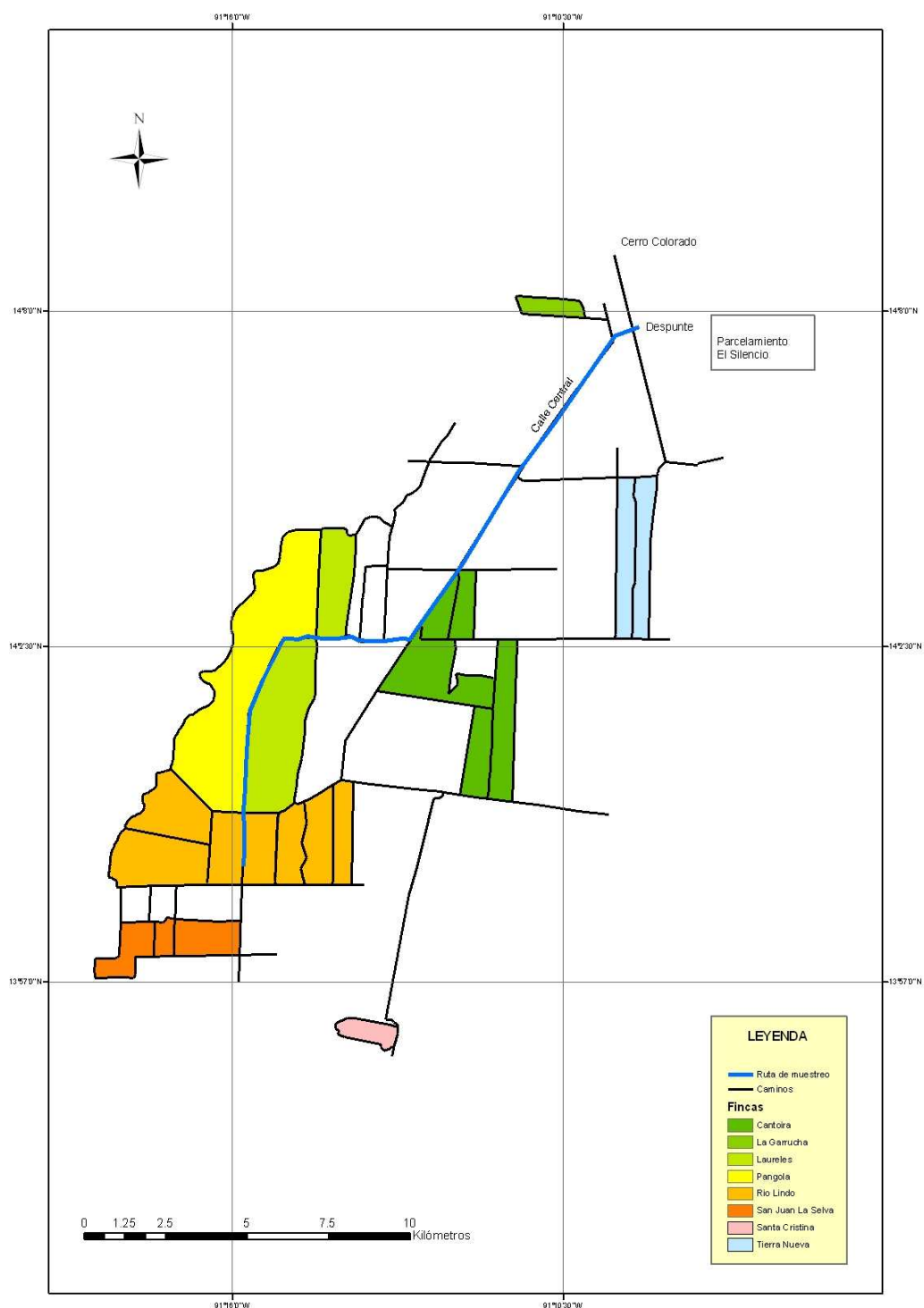
Las fincas seleccionadas fueron Río lindo, Pangola y Cantoira. En las Figuras 6, 7 y 8, se presentan las rutas del transporte de caña de azúcar del alce al despunte de cada una de las tres fincas.

### **2.4.2 Colectas previas**

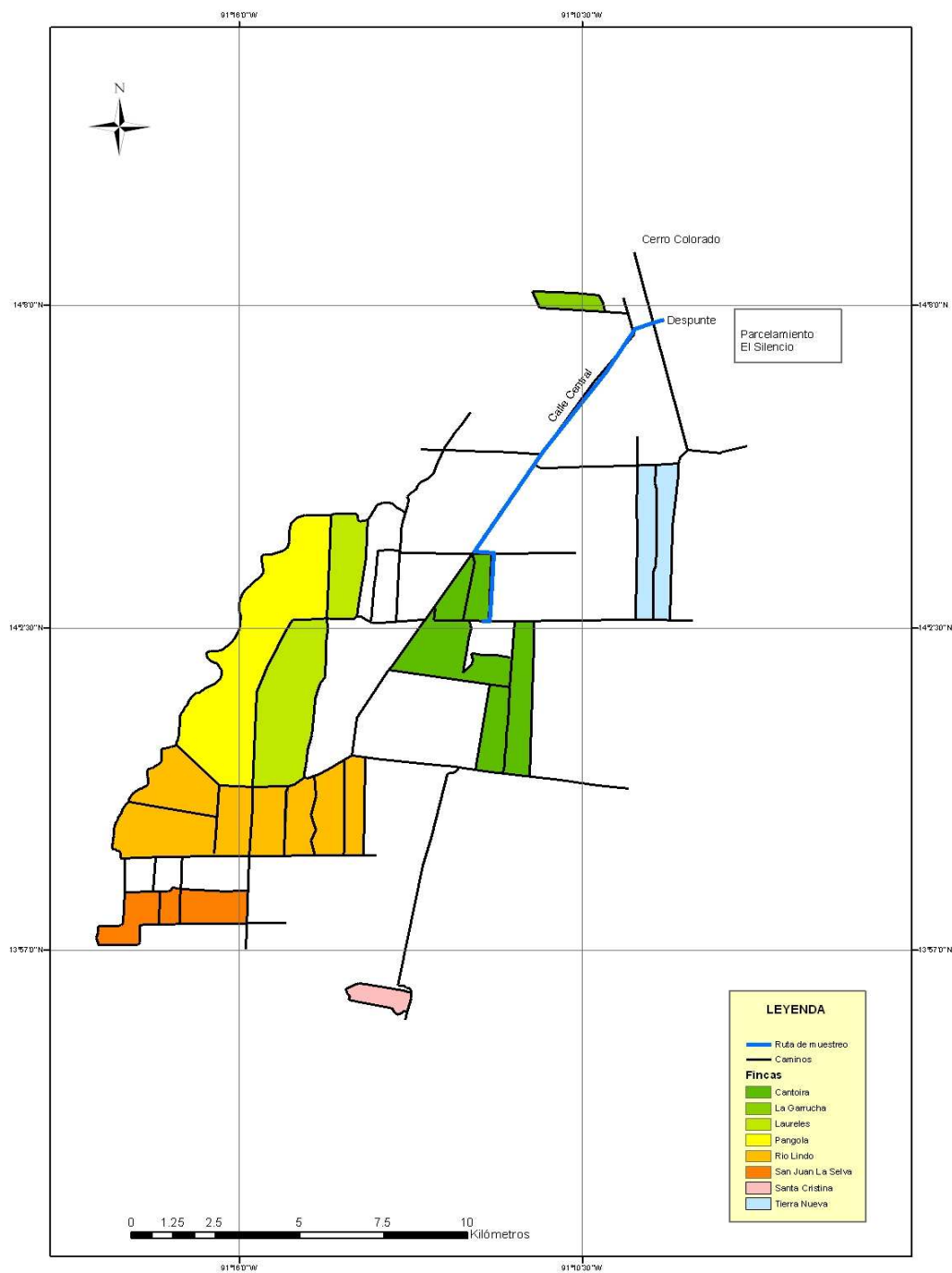
Se realizaron para determinar las limitantes que pudieran proporcionar información no confiable al momento de efectuar la colecta definitiva. Las colectas previas se realizaron colocando personal en puntos del recorrido del camión con caña, a fin de coleccionar la caña que caía en esos puntos, y monitoreando al camión en todo su recorrido para la colecta de la caña que caía del camión.

Para ambos casos se observó que toda la caña colectada correspondiera al camión monitoreado. Al momento del monitoreo se observó la presencia de caña procedente de una fuente diferente al camión monitoreado, por lo que se identificó como una limitante, para la cual se propuso limpiar el recorrido a fin de obtener información confiable (caña procedente exclusivamente del camión monitoreado).

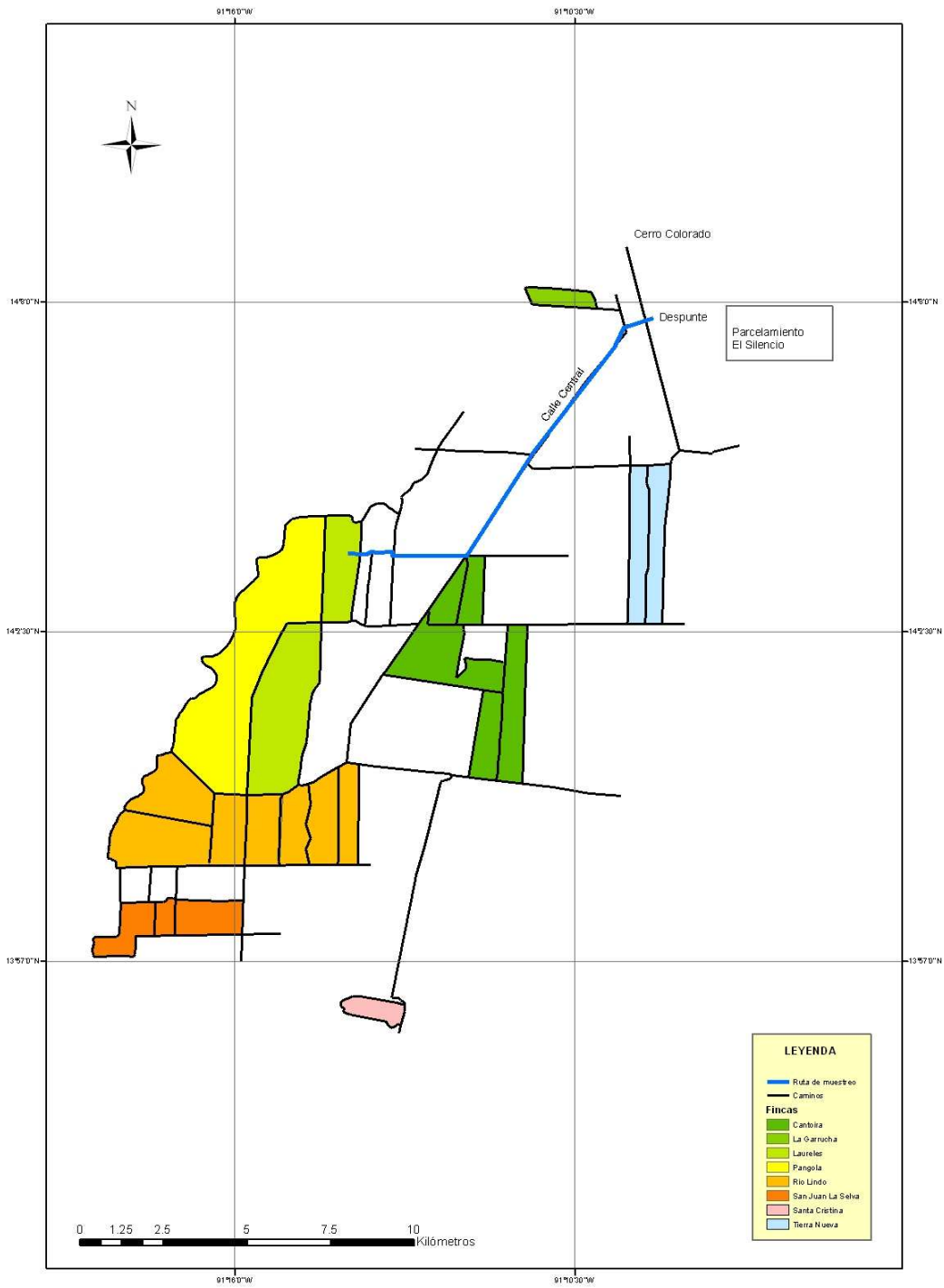
La información de las colectas previas se utilizó para calcular el número de colectas definitivas por semana y el promedio general de pérdida de caña en el transporte del alce al despunte en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, a continuación se presentan las rutas de colecta.



**Figura 9. Ruta de colectas previas en la finca Río Lindo, del alcance al despunte en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**



**Figura 10. Ruta de colectas definitivas en la finca Cantoira, del alce al despunte en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**



**Figura 11. Ruta de colectas definitivas en la finca Pangola, del alce al despunte en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

### 2.4.3 Número de colectas por semana

Para obtener el número de colectas por semana, se partió de datos generales de las cosechas anteriores y de los obtenidos en las colectas previas. Para el cálculo se emplearon las fórmulas siguientes.

$$\text{número de viajes por zafra} = \frac{\text{toneladas movilizadas por zafra}}{\text{promedio de toneladas por viaje}}$$

$$n = \frac{N \times S^2 Z^2 \left(\frac{\alpha}{Z}\right)^2}{N \times d^2 + \left(S^2 \times Z^2 \left(\frac{\alpha}{Z}\right)^2\right)}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra definitiva;                       $N$  = Tamaño de la población

$S^2$  = Varianza de la muestra piloto;                       $\mu$  = Nivel de significancia

$d$  = Precisión del estimador de interés (para este caso la media)

$Z(\mu / z)$  = Valor tal que  $P(Z < z(\mu / z)) = 1 - \mu$  y  $Z$  es una variable con distribución normal estandarizada.

### 2.4.4 Procedimiento de colecta definitiva

Para la colecta definitiva se recogió una hora antes toda la caña caída de otros camiones de los turnos anteriores. Luego se dispuso personal extra en los puntos limitantes identificados previamente, donde la recolección de la caña caída impedía monitorear la caída continuamente. Lo anterior se realizó desde el alce hasta el despunte. Luego se llevó toda la masa de caña recolectada, se pesó y se registró la información según la ruta de recorrido. Para la colecta se consideraron los aspectos que mencionan a continuación.

#### A. Horario de colecta

Para la colecta, se seleccionó el horario con poco movimiento de camiones a fin de evitar, sobre la ruta, la caña depositada de otros camiones diferentes al camión monitoreado. El horario seleccionado fue el de las 5:45 y 17:45 horas, que corresponde al cambio de turno de los pilotos.



## **B. Unidad de colecta**

La unidad de colecta consistió en toda la masa de caña que caía del camión monitoreado desde el alce hasta el despunte.

### **2.4.5 Causas de la pérdida de caña de azúcar durante el transporte**

Se realizó una encuesta dentro de las áreas del Ingenio Madre Tierra relacionadas con el transporte de caña de azúcar en la zona seis (departamento de cosecha y departamento de transporte). Primero se establecieron todas las causas relacionadas con la pérdida de caña durante el transporte, luego a cada causa se le asignó una ponderación de acuerdo a su importancia; luego con la información se procedió a definir el diagrama de Pareto para establecer la relación causa–pérdida principal.

#### **A. Clasificación del tipo de llenado de los camiones**

Cada camión presenta un tipo de llenado o copete sobre el nivel de la jaula en donde se transporta la caña, el cual podría estar relacionado con las pérdidas. Los tipos de llenado se indican a continuación.

##### **a. Llenado tipo A**

El llenado del camión no presenta copete, se encuentra al ras de la parte más alta de la jaula.

##### **b. Llenado tipo B**

Para este tipo de llenado la altura o el volumen del copete se encuentra a una altura de 50 centímetros sobre el ras de las jaulas.

##### **c. Llenado tipo C**

El camión presenta un copete mayor a los 50 centímetros sobre las jaulas.

Se inspeccionó cada camión a fin de establecer el tipo de llenado y de esta manera poder relacionar la mayor o menor pérdida de caña durante el transporte.

#### **2.4.6 Evaluación económica de técnicas para evitar la pérdida de caña de azúcar durante el transporte del alce al despunte**

Se propuso evaluar tres técnicas que evitan la pérdida de caña de azúcar durante el transporte, del alce al despunte en la zona seis del ingenio Madre Tierra, con el fin de seleccionar la mejor opción desde el punto de vista económico.

**Técnica 1:** Camiones con llenado tipo "A" sin copete, realizando un viaje más al día

**Técnica 2:** Fajas incorporadas desde una torre

**Técnica 2:** Fajas incorporadas al camión

Para cada técnica se recabó la información económica relacionada, específicamente los costos de su implementación, la utilidad bruta, la utilidad neta

#### **2.4.7 Variables de respuesta**

##### **A. Pérdida de caña en toneladas por hectárea**

Se determinó multiplicando la media de caña perdida por viaje por el número de viajes por hectárea.

##### **B. Pérdida de caña en quetzales por hectárea**

Para esta variable se multiplicó el costo de producción de una hectárea por la pérdida de caña en toneladas por hectárea.

##### **C. Valor actual neto (VAN) de las técnicas propuestas**

Para su estimación se emplearon los ingresos, las inversiones y gastos en una escala de tiempo de cinco años con una tasa real de descuento del 20 por ciento.

##### **D. Tasa interna de retorno (TIR) de las técnicas propuestas**

Para su estimación se empleó el flujo completo de ingresos y egresos, la ecuación básica de la TIR, y se procedió a base de una selección de los valores  $i$  hasta determinar el  $i$  que satisfaga la ecuación de equilibrio.

#### **2.4.8 Análisis de la información**

Con la información obtenida tanto de la precolecta y de las colectas definitivas se calcularon las pérdidas de caña de azúcar durante el transporte del alce al despunte, el intervalo de las mismas y se expresaron en toneladas por hectárea y quetzales por hectárea. A partir de esta información se definieron las pérdidas estimadas para cada una de las fincas que comprenden la zona seis del Ingenio Madre Tierra.

Respecto a las causas de la pérdida de caña durante el transporte del alce al despunte, se procedió a establecer un diagrama de Pareto a fin de conocer la relación causa-pérdida principal y en ese sentido proponer acciones a seguir.

Se realizó una evaluación financiera de inversión sobre la implementación de tres técnicas para evitar la pérdida de caña durante el transporte. La evaluación del proyecto de inversión consistió en determinar el Valor Actual Neto (VAN) tomando una tasa de descuento real del 20 % por medio de la Tasa Interna de Retorno (TIR), así como otras técnicas de análisis económico como son la obtención de la utilidad neta, medición de la productividad total de los factores dentro del sistema. Finalmente a través de un análisis de dominancia entre las técnicas evaluadas se procedió a seleccionar la que ofrece el mayor beneficio neto y luego calcular la eficiencia total de los factores para los primeros dos años de implementación.

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.6.1 Limitantes detectadas en la colecta previa y soluciones propuestas

En el Cuadro 4, se presentan las limitantes encontradas durante las colectas previas, que podrían sub o sobre estimar la pérdida real de caña; para cada limitante se propone una solución.

**Cuadro 4. Limitantes detectadas en la colecta previa y soluciones propuestas**

No.	Limitante	Solución
1	Anotar la caña depositada en la ruta, previo al recorrido del camión, con lo que se sobreestima la pérdida real.	Limpiar la ruta de recorrido una hora antes de la colecta.
2	Caña de otros camiones circulando en el mismo horario.	Colectar a las 5:45 a.m., y 17:45 p.m., que es el horario de cambio de turno de pilotos y normalmente circula una unidad a la vez.
3	Puntos donde debido a factores físicos (relieve, curvas, baches), cae más caña al suelo y el tiempo extra para su recolección, impide el monitoreo continuo del camión.	En estos puntos limitantes ubicar personal extra para la recolección de caña.

Para cada una de las tres rutas evaluadas se consideraron los puntos del trayecto limitantes y se atendieron las soluciones propuestas.

### 2.6.2 Número de colectas por semana

Los datos medios empleados para el cálculo del número de colectas por semana se presentan en el Cuadro 5 y los datos de la caña perdida por viaje durante las colectas previas se presentan en el Cuadro 6.

**Cuadro 5. Datos generales de zafra de la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004**

Descripción	Valor
Toneladas de caña por zafra	719,726.40
Toneladas de caña por camión	49.70
Viajes (camionadas) por zafra	14,481.00
Días de zafra	155.00
Viajes por día	93.43
Viajes por semana	653.00

**Cuadro 6. Toneladas de caña perdida por viaje en las colectas previas, Ingenio Madre Tierra, 2004**

Viaje	Toneladas de caña perdidas	Viaje	Toneladas de caña perdidas	Viaje	Toneladas de caña perdidas	Viaje	Toneladas de caña perdidas	Viaje	Toneladas de caña perdidas
1	0.65	11	0.64	21	0.65	31	0.75	41	0.71
2	0.76	12	0.6	22	0.77	32	0.56	42	0.72
3	0.69	13	0.81	23	0.78	33	0.71	43	0.63
4	0.57	14	0.73	24	0.57	34	0.61	44	0.65
5	0.53	15	0.59	25	0.68	35	0.62	45	0.66
6	0.58	16	0.63	26	0.67	36	0.59	46	0.77
7	0.73	17	0.69	27	0.65	37	0.58	47	0.61
8	0.79	18	0.63	28	0.69	38	0.57	48	0.67
9	0.68	19	0.57	29	0.59	39	0.56	49	0.63
10	0.69	20	0.61	30	0.55	40	0.65	50	0.79
<b>Total de toneladas perdidas</b>				<b>32.81</b>					
<b>Promedio de toneladas perdidas</b>				<b>0.65620</b>					
<b>Varianza de toneladas perdidas</b>				<b>0.00533</b>					
<b>Pérdida mínima</b>				<b>0.53</b>					
<b>Pérdida máxima</b>				<b>0.81</b>					

$$\text{Colectas por semana} = \frac{653 \times 0.00533 \times (1.96)^2}{653 \times (0.06562)^2 + [(0.00533) \times (1.96)^2]} = 4.72 \cong 5 \text{ colectas por semana}$$

De acuerdo al resultado anterior se realizaron 5 colectas por semana para cada una de las tres rutas

### 2.6.3 Pérdida de caña durante el transporte del alce al despunte

#### A. Toneladas de caña perdida por viaje según ruta evaluada

Las pérdidas de caña por viaje para cada una de las tres rutas establecidas, así como el promedio de pérdidas por ruta y el promedio de pérdidas totales para la zona seis del Ingenio Madre Tierra, se presenta en el Cuadro 7.

Nótese que para la finca Cantaira, únicamente se colectó durante dos semanas (diez viajes), pues fue el tiempo restante entre el inicio de la colecta definitiva y el fin de la zafra; en tanto que para las otras dos rutas de las fincas Pangola y Río Lindo se pudo muestrear durante tres semanas antes de la finalización de la zafra.

**Cuadro 7. Toneladas de caña perdida por viaje según ruta del Ingenio Madre Tierra, 2004.**

<b>Toneladas de caña de azúcar perdidas en el transporte del alce al despunte, en las rutas de la finca</b>			
<b>Viaje</b>	<b>Pangola</b>	<b>Río Lindo</b>	<b>Cantoira</b>
1	0.63	0.63	0.58
2	0.5	0.65	0.57
3	0.62	0.67	0.69
4	0.73	0.77	0.71
5	0.67	0.78	0.63
6	0.54	0.77	0.63
7	0.49	0.59	0.58
8	0.75	0.63	0.48
9	0.74	0.59	0.57
10	0.61	0.58	0.78
11	0.72	0.56	
12	0.65	0.6	
13	0.59	0.63	
14	0.64	0.61	
15	0.62	0.61	
<b>Total</b>	<b>9.500</b>	<b>9.670</b>	<b>6.220</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.633</b>	<b>0.645</b>	<b>0.622</b>
<b>Límite Inferior</b>		<b>0.603</b>	<b>toneladas por viaje</b>
<b>Promedio General</b>		<b>0.633</b>	<b>toneladas por viaje</b>
<b>Límite Superior</b>		<b>0.664</b>	<b>toneladas por viaje</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>0.078</b>	<b>toneladas por viaje</b>
<b>Intervalo de confianza</b>		<b>0.030</b>	<b>toneladas por viaje</b>

Del Cuadro 7, se aprecia que de acuerdo a la colecta final, para la región seis del Ingenio Madre Tierra, durante el transporte de caña de azúcar del alce al despunte se pierden por cada viaje 0.633 toneladas en promedio en un rango cuyo límite inferior es de 0.603 y el límite superior de 0.664 toneladas por viaje.

#### **B. Toneladas de caña perdida por hectárea y costo de la pérdida por hectárea**

Luego la pérdida de caña por viaje del alce al despunte al expresarla en toneladas de caña perdida por hectárea y en quetzales perdidos por hectárea se muestra en el Cuadro 8. Para el cálculo se consideró que la producción media de una hectárea para la

zona seis del Ingenio Madre Tierra es de 119.54 toneladas y el costo de producción de una tonelada es de Q. 14.14 quetzales.

**Cuadro 8. Toneladas de caña perdida por hectárea y quetzales perdidos por hectárea durante el transporte del alce al despunte, Ingenio Madre Tierra, 2004**

DESCRIPCIÓN	Valores por hectárea
Toneladas cosechadas por hectárea	119.540
Toneladas transportadas (llenado tipo C)	49.700
Viajes por hectárea	2.405
Toneladas perdidas por viaje	0.633
<b>Toneladas perdidas por hectárea</b>	<b>1.523</b>
Costo de producción de una tonelada	Q 14.14
<b>Quetzales perdidos por hectárea</b>	<b>Q 21.53</b>

Por cada hectárea de caña de azúcar que se cosecha, se pierde, durante el transporte, del alce al despunte 1.523 toneladas, lo cual representa una pérdida económica de Q. 21.53 quetzales por hectárea.

**C. Toneladas de caña pérdida durante el transporte, en toda la zona seis del Ingenio Madre Tierra y su costo total**

Se analiza el impacto para toda la zona seis del Ingenio Madre Tierra en cuanto a la pérdida de caña durante el transporte, lo cual se presenta en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Toneladas totales de caña perdida y total de quetzales perdidos por transporte del alce al despunte, Ingenio Madre Tierra, 2004**

DESCRIPCIÓN	Datos totales para la región Seis del Ingenio Madre Tierra
Total de viajes	14,481
Toneladas de caña transportadas	719,706
Toneladas de caña perdidas	9,166
Total de quetzales perdidos	Q 129,607.24

Para la región seis del Ingenio Madre Tierra, al transportar 719,706 toneladas de caña del alce al despunte en camiones con llenado tipo "C", representa dejar tiradas en el

recorrido un total de 9,166 toneladas de caña durante el período de zafra, que traducido en términos económicos equivale a una pérdida por zafra de Q. 129,613.93. Esta pérdida implica dejar caer durante el transporte la totalidad de caña de azúcar cosechada en un área de 76.67 hectáreas, es decir el 1.27 por ciento del área cosechada en la región seis.

#### 2.6.4 Principales causas de las pérdidas durante el transporte de caña del alce al despunte

Del alce al despunte, se presentan al menos ocho causas principales, responsables de que la caña transportada no quede dentro de la jaula del camión, sino que caiga del mismo, constituyéndose en pérdidas económicas. En el Cuadro 10, se indica el porcentaje de pérdida estimado de acuerdo a encuestas al personal técnico relacionado con la pérdida de caña en el transporte y que porcentaje de pérdida origina cada una de las ocho causas analizando la pérdida total para la zona seis del Ingenio Madre Tierra, tanto en toneladas pérdidas como el valor económico de la pérdida.

**Cuadro 10. Causas de las pérdidas en el transporte de caña de azúcar en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004**

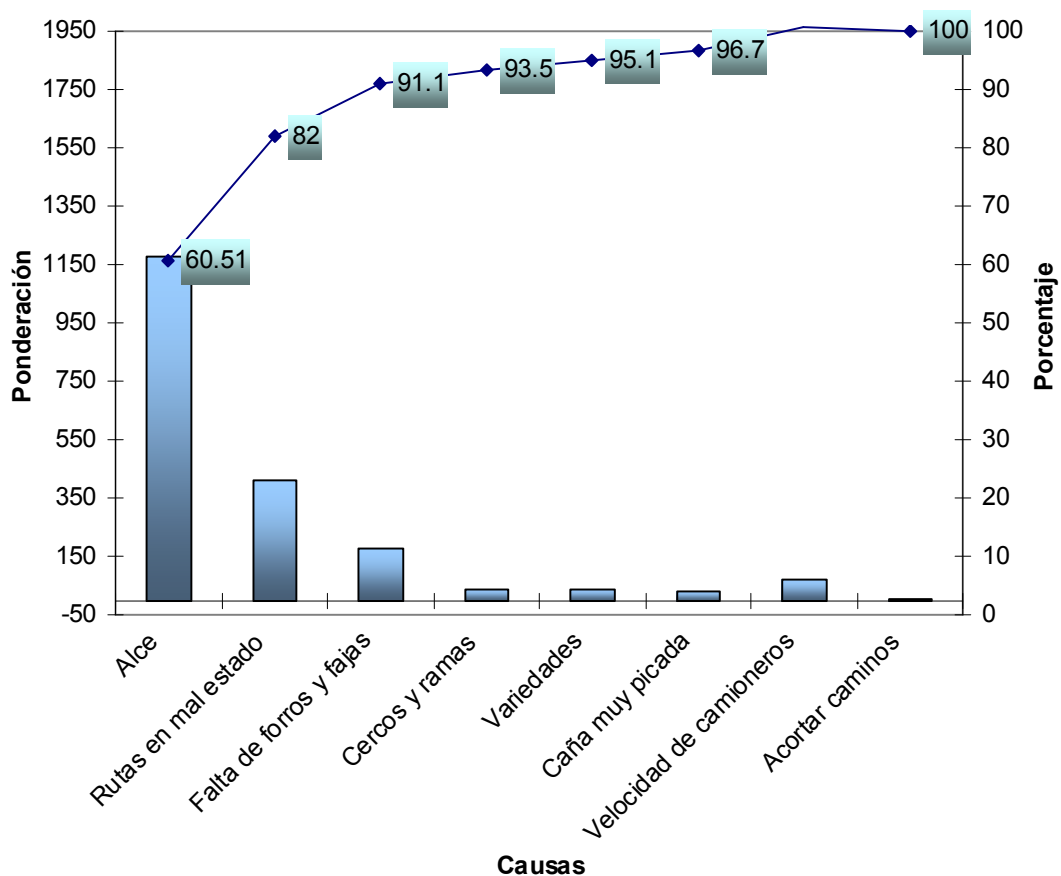
No.	Causas	Porcentaje	Toneladas de caña perdida	Costo de la pérdida
1	Alce	60.51	5,546.35	Q 78,425.34
2	Rutas en mal estado	21.03	1,927.61	Q 27,256.40
3	Falta de forros y fajas	9.23	846.02	Q 11,962.75
4	Cercos y ramas	2.05	187.90	Q 2,656.95
5	Variedades	1.79	164.07	Q 2,319.97
6	Caña muy picada	1.54	141.16	Q 1,995.95
7	Acortar caminos	0.26	23.83	Q 336.98
8	Velocidad de camioneros	3.59	329.06	Q 4,652.90
	TOTAL	100.00	9,166.00	Q 129,607.24

En el cuadro 10 se aprecia que la mayor causa de las pérdidas es el mal alce, que consiste en el mal acomodo de la caña en el camión y es responsable del 60 por ciento de las pérdidas; la segunda causa en orden de importancia la constituyen las rutas en mal estado que originan el 21 por ciento de las pérdidas de caña durante transporte del alce al despunte. Estas dos causas en conjunto provocan más del ochenta por ciento de las



pérdidas, que para la zona seis del Ingenio Madre Tierra se traduce en una pérdida de Q. 105, 681.74 quetzales durante el período de zafra.

Las causas de la pérdida de caña durante el transporte del alce al despunte se analizaron mediante un diagrama de Pareto (Figura 12).



**Figura 12. Diagrama de Pareto de las causas que producen las pérdidas en el transporte en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, 2004**

El diagrama de Pareto indica que resolviendo el 20 por ciento de las causas se evita el 80 por ciento de la pérdida. De esa cuenta los problemas a resolver son el mal alce y las rutas en mal estado, ya sea en forma directa o indirecta; una forma indirecta de resolver estos dos causas principales, es controlar la carga del camión mediante el uso de fajas incorporadas al camión, o fajas incorporadas desde una torre, con lo que se resolvería el

80 por ciento de las pérdidas; otra forma indirecta de minimizar el impacto de estas dos causas principales podría ser, no emplear el llenado tipo “C” con copete de 50 centímetros arriba del nivel de jaula, sino que se utilice el llenado tipo “A”, a ras del nivel de jaula. Como cada una de estas medidas implica una inversión, en el siguiente inciso se analizarán desde el punto de vista económico, previo a su corroboración en campo.

### **2.6.5 Técnicas propuestas para evitar la pérdida de caña y su evaluación económica**

Las técnicas propuestas para evitar la pérdida de caña son las siguientes:

1. Camiones sin copete, llenado tipo “A”, realizando un viaje más al día.
2. Colocar fajas desde una torre que se encuentre a un cierto distanciamiento de la salida del camión del alce.
3. Incorporar fajas a los camiones.

Para cada una de estas se realizaron colectas de caña para determinar el ahorro que produce cada una y su costo tanto de inversión como de operación.

#### **A. Descripción de los parámetros considerados para el análisis financiero**

La pérdida por zafra en el transporte sin utilizar ninguna de las técnicas propuestas para evitar la caída de la caña, asciende de Q. 129,607.24 quetzales, por lo tanto cualquiera de las técnicas propuestas no solo debe evitar la pérdida de caña sino tener un costo menor.

##### **a. Costo de llenado tipo “A”, a ras de jaula y realizar un viaje más al día**

El costo de realizar un viaje más al día asciende a Q. 1,150.00 quetzales en la zona seis del Ingenio Madre Tierra, este costo incluye: gasolina, aceite, chofer, gastos administrativos, depreciación del móvil, supervisión y otros, el costo por zafra se describe a continuación.

Costo de realizar un viaje más al día durante la zafra =  $Costo\ operativo \times días\ de\ zafra$

Costo de realizar un viaje más al día durante la zafra =  $Q.1,150 \times 155\ días$

Costo de realizar un viaje más al día durante la zafra = **Q.178,250.00 quetzales por zafra**

El costo de realizar de un viaje más al día en la zafra es de Q.178,250.00 quetzales por zafra, por lo tanto, es más elevado que la cantidad de quetzales que se pierden en el transporte por zafra en la zona seis el cual asciende en promedio a Q. 129,607.24 quetzales, en tal sentido no conviene realizar un viaje más al día como técnica para recuperar las pérdidas generadas en el transporte en la zona seis del Ingenio Madre Tierra.

**b. Costo de colocar fajas**

Los sistemas de fajas evaluados fueron de dos tipos, fajas incorporadas a los camiones y fajas incorporadas desde una torre, los costos de cada sistema se presenta en los Cuadros 11 y 12.

**Cuadro 11. Costos de inversión y operativo de colocar fajas en una torre**

Costo del sistema de fajas incorporadas al camión desde una torre		
Rubro	Costos	
	Operativo	Inversión
32 juegos de enganchadores		Q. 4,800.00
Torre		Q. 300.00
32 juegos fajas		Q. 3,200.00
8 jornales por 6 meses	Q. 66,240.00	
<b>Costo total del sistema</b>		<b>Q. 74,540.00</b>

**Cuadro 12. Costos de inversión y operativo de colocar fajas incorporadas a los camiones**

Costo del sistema de fajas incorporadas al camión		
Rubro	Costos	
	Operativo	Inversión
32 juegos de enganchadores		Q. 4,800.00
32 juegos fajas		Q. 3,200.00
8 jornales por 6 meses	Q. 66,240.00	
<b>Costo total del sistema</b>		<b>Q. 74,240.00</b>

Estos sistemas representan un costo de inversión menor que el de realizar un viaje más al día.

Los dos sistemas de fajas tienen un costo menor a la pérdida por zona estimando 32 juegos de fajas y enganchadores para 32 camiones, con lo que se transporta el total de caña cosechada en la zona seis del Ingenio Madre Tierra.

**c. Estimación anual del ingreso por técnica empleando los sistemas de fajas**

El ingreso por técnica generado anualmente al utilizar cada uno de los sistemas de fajas se determinó, realizando colectas de caña según cada uno de los sistemas. Los resultados de las colectas y promedios de pérdidas por viaje, por zona y ganancia por zona se presentan en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Estimación de los ingresos por técnica empleando los dos sistemas de faja, Ingenio Madre Tierra, 2004.**

Viaje	Pérdida de caña en toneladas por viaje	
	Fajas incorporadas al camión	Fajas incorporadas desde la torre
1	0.150	0.270
2	0.180	0.210
3	0.120	0.280
4	0.145	0.290
5	0.175	0.280
<b>Total (tonelada por viaje)</b>	<b>0.770</b>	<b>1.330</b>
<b>Pérdida media del sistema (toneladas por viaje)</b>	<b>0.154</b>	<b>0.266</b>
<b>Pérdida media (sin fajas) (toneladas por viaje)</b>	<b>0.633</b>	<b>0.633</b>
<b>Recuperación media del sistema (toneladas por viaje)</b>	<b>0.479</b>	<b>0.367</b>
<b>Porcentaje de caña recuperada</b>	<b>75.67</b>	<b>57.98</b>
<b>Recuperación media del sistema (toneladas por zona)</b>	<b>6950.351</b>	<b>5325.217</b>
<b>Ingreso por técnica del sistema (quetzales por zona)</b>	<b>Q 98,277.97</b>	<b>Q 75,298.57</b>

El sistema de fajas incorporadas al camión reduce la pérdida de caña durante el transporte hasta un 76 por ciento, mientras que el sistema de fajas desde una torre reduce la pérdida hasta un 58 por ciento, en relación al sistema actualmente empleado donde no se utiliza ningún tipo de fajas para el acomodamiento y aseguramiento de la caña dentro de la jaula del camión.

**B. Evaluación de los sistemas de fajas a través del Valor Actual Neto (VAN)**

El resumen del valor actual neto (VAN) de los sistemas de fajas se presenta en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Valor actual neto del sistema de fajas al camión y desde la torre**

VALOR ACTUAL NETO PARA EL SISTEMA DE FAJAS INCORPORADAS DESDE UNA TORRE									
Año	Inversión	Costo Operativo	Depreciación	Total Egresos	Valor de Rescate	Ingreso por Técnica	Ingresos Netos	Factor Valor Futuro (20 %)	Valor Actual Neto
1	Q 8,300.00	Q 66,240.00	Q 1,328.00	Q 75,868.00	Q -	Q 75,298.57	Q (569.43)	0.8333	Q (474.53)
2	Q -	Q 66,240.00	Q 1,328.00	Q 67,568.00	Q -	Q 75,298.57	Q 7,730.57	0.6944	Q 5,368.45
3	Q -	Q 66,240.00	Q 1,328.00	Q 67,568.00	Q -	Q 75,298.57	Q 7,730.57	0.5787	Q 4,473.71
4	Q -	Q 66,240.00	Q 1,328.00	Q 67,568.00	Q -	Q 75,298.57	Q 7,730.57	0.4823	Q 3,728.09
5	Q -	Q 66,240.00	Q 1,328.00	Q 67,568.00	Q 1,660.00	Q 76,958.57	Q 9,390.57	0.4019	Q 3,773.86
<b>Suma</b>	<b>Q 8,300.00</b>	<b>Q 331,200.00</b>	<b>Q 6,640.00</b>	<b>Q 346,140.00</b>	<b>Q 1,660.00</b>	<b>Q 378,152.84</b>	<b>Q 32,012.84</b>		<b>Q 16,869.58</b>

VALOR ACTUAL NETO PARA EL SISTEMA DE FAJAS INCORPORADAS AL CAMIÓN									
Año	Inversión	Costo Operativo	Depreciación	Total Egresos	Valor de Rescate	Ingreso por Técnica	Ingresos Netos	Factor Valor Presente (20 %)	Valor Actual Neto
1	Q 8,000.00	Q 66,240.00	Q 1,280.00	Q 75,520.00	Q -	Q 98,277.97	Q 22,757.97	0.8333	Q 18,964.97
2	Q -	Q 66,240.00	Q 1,280.00	Q 67,520.00	Q -	Q 98,277.97	Q 30,757.97	0.6944	Q 21,359.70
3	Q -	Q 66,240.00	Q 1,280.00	Q 67,520.00	Q -	Q 98,277.97	Q 30,757.97	0.5787	Q 17,799.75
4	Q -	Q 66,240.00	Q 1,280.00	Q 67,520.00	Q -	Q 98,277.97	Q 30,757.97	0.4823	Q 14,833.12
5	Q -	Q 66,240.00	Q 1,280.00	Q 67,520.00	Q 1,600.00	Q 99,877.97	Q 32,357.97	0.4019	Q 13,003.94
<b>Suma</b>	<b>Q 8,000.00</b>	<b>Q 331,200.00</b>	<b>Q 6,400.00</b>	<b>Q 345,600.00</b>	<b>Q 1,600.00</b>	<b>Q 492,989.84</b>	<b>Q 147,389.84</b>		<b>Q 85,961.49</b>

Depreciación al 16 % anual

Factor Valor Futuro (P/F) =  $1/(1+i)^n$ ; donde i = interés al 20 % y n = número de años.

De acuerdo al valor actual neto, el sistema de fajas incorporadas al camión es mejor, puesto que además de obtener una ganancia del 20 por ciento, se obtienen Q. 85,961.49 quetzales de ganancia.

### C. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El resumen de la Tasa Interna de Retorno (TIR) de los sistemas de fajas se presenta en el Cuadro 15.

**Cuadro 15. Tasa Interna de Retorno (TIR) del sistema de fajas incorporadas al camión y desde una torre**

TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL SISTEMA FAJAS INCORPORADAS DESDE UNA TORRE			
Anualidad de ingresos	Q	7,730.57	Factor Valor Presente (P/A)
Anualidad de egresos	Q	67,568.00	Factor Valor Futuro (P/F)
Precio	Q	8,300.00	
Precio Final (F)	Q	1,660.00	
TIR (i)		<b>0.90115</b>	<b>90.115</b>
n = años		5	
Valor actual de ingresos - Valor actual de egresos =			<b>(0.0089)</b>

TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL SISTEMA FAJAS INCORPORADAS AL CAMIÓN			
Anualidad de ingresos	Q	32,357.97	Factor Valor Presente (P/A)
Anualidad de egresos	Q	67,520.00	Factor Valor Futuro (P/F)
Precio	Q	8,000.00	
Precio Final (F)	Q	1,600.00	
TIR (i)		<b>4.04375</b>	<b>404.375</b>
n = años		5	
Valor actual de ingresos - Valor actual de egresos =			<b>0.01</b>

El sistema de fajas incorporadas al camión presenta la mayor tasa interna de retorno de 4.04, lo que significa que haber invertido Q. 8,000.00 quetzales en este sistema representa una inversión 404 por ciento de interés y por lo tanto la mejor opción desde el punto de vista de la tasa de interna de retorno, comparada con el sistema de fajas incorporadas desde una torre con la cual la inversión de Q. 8,300.00 representa una inversión a tan solo el 90 por ciento de interés.

### 2.6.6 Eficiencia total de los factores

Se calculó la eficiencia total de los factores al sistema de fajas incorporadas al camión, ya que obtuvo la mayor tasa interna de retorno. Con esto se determinó el aumento de la efectividad de los factores para los dos primeros años, para considerar el costo de inversión durante el primer año y solamente los costos operativos durante el segundo año.

$$\text{Eficiencia total de los factores} = \frac{\text{Cantidad de toneladas no perdidas}}{\text{Costos}}$$

Por lo tanto la efectividad total de los factores del sistema de fajas incorporadas del primer al segundo año se calculó como sigue.

$$\text{Eficiencia total de los factores (Año 1)} = \frac{6,950.31}{75,520} = 0.0920$$

$$\text{Eficiencia total de los factores (Año 2)} = \frac{6,950.31}{67,520} = 0.1029$$

$$\text{Eficiencia total de los factores (Año 1 a Año 2)} = \left( \frac{0.1029 - 0.0920}{0.0920} \right) * 100 = 11.84\%$$

Para el sistema de fajas incorporadas al camión, la eficiencia total de los factores aumenta 11.84 por ciento del año 1 al año 2, esto debido a que en el año 2 los costos fijos no son considerados.

## 2.7 CONCLUSIONES

1. En la región seis del Ingenio Madre Tierra, durante el transporte de caña de azúcar, del alce al despunte, se pierden 1.52 toneladas de caña por hectárea cosechada, lo cual tiene un costo de Q. 21.53 quetzales por hectárea y de Q. 129,607.24 quetzales para toda el área cosechada.
2. Las principales causas de la pérdida de caña de azúcar durante el transporte son el mal alce y las rutas en mal estado, las cuales representan el 21 por ciento de todas las causas y provocan el 80 por ciento de las pérdidas.
3. La técnica de incorporar fajas a los camiones para acomodar adecuadamente la caña de azúcar, es la mejor para evitar pérdidas durante el transporte del alce al despunte, ya que reduce las pérdidas en un 76 por ciento y su eficiencia puede aumentar en un 11.84 por ciento, con un valor actual neto de Q. 85,961.49 quetzales y una tasa interna de retorno del 4.04 a una tasa de interés del 20 por ciento.

## 2.8 RECOMENDACIONES

1. El sistema de fajas debe de ir incorporado al camión para evitar la pérdida de caña durante el transporte, del alce hasta llegar al despunte, pues de esta forma el sistema actúa en todo el recorrido del camión, logrando reducir las pérdidas en un 76 por ciento.
2. Capacitar al chofer para que el quite y ponga la faja con los enganchadores, esto para que en un futuro se pueda quitar un enganchador y los costos operativos se reduzcan al emplear la mitad los jornales.



## 2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala, en el área de Río Lindo. Guatemala. 75 p.
2. Cruz B, M De la; Fuentes U, MG; García P, MV; Lemus, R; Madrid, G; Alemán, G; Martínez P, J; Arriola, C; Castillo, S. 1995. Cosecha mecanizada de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Universidad Rafael Landivar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. 62 p.
3. Cruz S, JR De la. 1982. Descripción de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
4. Day, RA. 1994. Como escribir y publicar trabajos científicos. 2 ed. México, The Orix Press. 217 p.
5. Echeverría, C. 2004. Pérdidas de caña por transporte hasta el despunte (entrevista). Finca Río Lindo, La Gomera, Escuintla, Guatemala, Ingenio Madre Tierra, Zona 6, Gerencia.
6. Fincowsky F, EB. 1997. Organización de empresas. México, McGraw-Hill. 341 p.
7. García S, A. 1994. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar. 241 p.
8. Hernández A, JF. 2003. Introducción a la economía. 10 ed. México, McGraw-Hill. 228 p.
9. Horngren, C; Foster, G, Datar, S. 2002. Contabilidad de costos con enfoque gerencial. México, Pearson Educación. 928 p.
10. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1981. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja La Gomera, no. 1958 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
11. Méndez M, JS. 1968. Fundamentos de economía. México, UTEHA. p. 45-60. (Manuales UTEHA no. 301).
12. Morales M, JR. 1993. Diagnóstico general del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y sus principales problemas. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, Ingenio Madre Tierra. 50 p.
13. Morataya, M. 2004. Pérdidas de caña por transporte hasta el despunte (entrevista). Departamento de Transportes, La Gomera, Escuintla, Guatemala, Ingenio Madre Tierra.

14. Peralta, D. 2004. Pérdidas de caña por transporte hasta el despunte (entrevista). Finca Río Lindo, La Gomera, Escuintla, Guatemala, Ingenio Madre Tierra, Departamento de Cosecha, Gerencia.
15. Ranero, C. 2004. Pérdidas de caña por transporte hasta el despunte (entrevista). Finca Río Lindo, La Gomera, Escuintla, Guatemala, Ingenio Madre Tierra, Departamento de Cosecha, Sub-Gerencia.
16. Sitún A, M. 1996. Guía para el análisis económico de resultados experimentales. Guatemala, Centro de Información Agrosocioeconómica. Boletín 2-96.
17. Weihrich, H. 1982. Análisis situacional para planeación a largo plazo. México, McGraw-Hill. 450 p.
18. Weihrich, H; Koontz, H. 2001. Administración una perspectiva global. 11 ed. México, McGraw-Hill. 795 p.

### **CAPÍTULO III**

#### **SERVICIOS**

**EVALUACIÓN DE PROFUNDIDADES DE SIEMBRA PARA BROTAÇÃO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA ZONA SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA**

**ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN DE PLAGAS DEL SUELO EN LAS FINCAS TIERRA NUEVA Y LA GARRUCHA**

### **3.1 EVALUACIÓN DE PROFUNDIDADES DE SIEMBRA PARA BROTACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA ZONA SEIS DEL INGENIO MADRE TIERRA**

#### **3.1.1 Presentación**

En la zona de producción seis del Ingenio Madre Tierra, el segundo problema en orden de importancia fue la brotación tardía de caña. Para contrarrestar dicha limitante se evaluó el efecto de seis profundidades de siembra sobre las semillas asexuales de caña, teniendo como variables cuantitativas de la evaluación el número de brotes por 5 metros lineales de caña y el porcentaje de brotación en el cultivo.

Las profundidades de siembra evaluadas fueron 3, 6, 9, 12, y 15 centímetros, con un testigo absoluto, cada profundidad constituyó un tratamiento y se evaluaron bajo una distribución de bloques completamente al azar con 6 repeticiones.

Las unidades experimentales correspondieron a 5 metros lineales por tratamiento sembrados con caña de azúcar, en cada unidad experimental se sembraron 50 yemas para la evaluación de profundidades de siembra.

Al final del ensayo se concluye que estadísticamente las profundidades de siembra de 6, 9 y 3 centímetros son las que producen un mayor número de brotes por unidad experimental, y el tratamiento menos recomendable es el de 15 centímetros, esto con un 95 % de confianza.

### **3.1.2 Marco Conceptual**

#### **A. Descripción de la caña de azúcar**

La caña de azúcar es una gramínea caracterizada porque durante su desarrollo forma un sistema vegetativo subterráneo del cual nace gran número de tallos y a los cuales en conjunto se le llama “cepa” (9). En CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar) (8), describen la morfología de la caña de azúcar de la siguiente forma: En el sistema radicular se presenta de dos formas, los primordios radiculares que tienen un período de vida de 30 a 40 días, y las raíces permanentes, que brotan de los tallos o macollos, que se forman a partir de los esquejes.

El tallo es la parte aprovechable donde se almacena la sacarosa, se presenta un número de tallos de 10 a 18 por metro lineal, lo cual da una población de 60 a 70 mil tallos por hectárea (8). Flores (9) indica que el tallo esta formado por una serie de nudos separados por los entrenudos donde se localizan las yemas.

Las hojas se originan de cada nudo y esta distribuidas en forma alterna en el tallo, la hoja esta formada por la lamina foliar y por la vaina, ambas unidas por el cuello en el cual se ubica la lígula. Cuando la vaina tiene buen deshoje se facilita la cosecha de la caña y se lleva menos impurezas en la caña (8).

La inflorescencia es una panícula espigada sedosa, constituida por un eje principal donde se insertan las espiguillas, dispuestas por pares en cada articulación, donde se encuentra la flor, la cual es hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas (8).

#### **B. Desarrollo vegetativo de la caña de azúcar**

##### **a. Periodo de brotación de yemas**

La brotación es un proceso mediante el cual el estado latente de crecimiento se transforma en estado activo y se da en las zonas meristemáticas no diferenciada llamadas yemas, estas se desarrollan formando paulatinamente una planta (9). El hecho por el que las yemas no entran en actividad mientras la planta se encuentra enraizada al

suelo, es que, el meristemo apical ejerce dominancia, produciendo una hormona que hace se inhiba la brotación lateral (la hormona se produce en la raíz y se transloca hacia el meristemo, a esto se le llama dominancia apical). Al cortarse los esquejes o eliminar el cogollo se rompe la dominancia apical y las yemas laterales pueden brotar (7).

#### **b. Fisiología de la brotación**

Buenaventura (4), indica que la caña cortada comienza a invertir su sacarosa cambiando a productos no cristalizados, glucosa y fructosa, debido a la enzima invertasa producida por la bacteria *Leuconostae*. El contenido de glucosa en la semilla de la caña de azúcar, tiene influencia directa en la brotación. Así la planta necesita invertir parte de la sacarosa para suplir una necesidad como es el caso de la brotación de yemas de caña por el estímulo externo que cesa la dominancia apical (4).

Cuando la caña florece, consume los azúcares reductores del cogollo, y si no se corta oportunamente, comienza a invertir sacarosa para el desarrollo de las yemas superiores, lo que aumenta el porcentaje de la glucosa al momento del corte (4).

Buenaventura (4), sugiere que semillas mayores de 6 y 10 meses de edad, se tienen yemas corchosas y contienen auxinas que retrasan su germinación, la inhiben o la debilitan. Además, corresponden a entrenudos ricos en sacarosa que no alcanzan a invertir para acelerar la brotación.

Mientras más largo sea el trozo de semilla, más se retarda la brotación de yemas por efecto de dominancia apical (4).

#### **c. Periodo de amacollamiento**

El período de amacollamiento es el proceso de crecimiento de los nuevos brotes que formarán la cepa.

La plantía que nació de la yema original va formando sus nudos y entrenudos los cuales a su vez tienen yemas y primordios radiculares, debido a las condiciones

favorables de temperatura y humedad se promueve la brotación de dichas yemas, las que dan lugar a nuevos tallos y así sucesivamente va proliferando gran número de plantias, hasta que se forma la cepa (9).

### **C. Condiciones para la brotación de yemas**

#### **a. Métodos de cultivo para promover la brotación**

Buenaventura (4), opina que los factores para tener una buena brotación son:

- i. Semilla de buena calidad proveniente de semilleros con edad entre 6 y 10 meses.
- ii. Tiempo entre el corte y la siembra. La mayor brotación se obtiene cuando se siembran los esquejes entre el segundo y el quinto día después del corte de la caña, del sexto día en adelante la brotación baja drásticamente.
- iii. Preparación del suelo. La caña de azúcar requiere de una adecuada preparación del suelo que permita a las raíces desarrollarse eficientemente y evitar problemas de drenaje.
- iv. Humedad del suelo. Durante el período de brotación, se debe asegurar la humedad en los primeros 25 a 30 centímetros del suelo.
- v. Tapado de los esquejes. Para evitar perdidas en la brotación, en suelo con buen drenaje el tapado puede hacerse con una capa de 5 a 15 centímetros de suelo. En suelos húmedos y con mal drenaje el tapado de los esquejes debe ser lo más delgado posible (máximo 5 centímetros).
- vi. Sanidad de los esquejes. Debe estar libre de plagas y enfermedades.

#### **b. Efecto de la temperatura para la brotación**

Flores (9), indica que los índices de temperatura ambiental para el mejor desarrollo de la caña son:

- |      |  |            |
|------|--|------------|
| i.   | Temperatura para brotación                             | 32 a 38 °C |
| ii.  | Temperatura para crecimiento y absorción de nutrientes | 27 °C      |
| iii. | Temperatura para un desarrollo normal                  | 21 a 38 °C |

Las plantas retardan su crecimiento entre 10 y 21°C, sus funciones fisiológicas se paralizan a menos de 10°C y se producen daños invertibles a menos de 2°C (9).

Según Barnes (2), las bajas temperaturas reducen el porcentaje de brotación y crean condiciones ideales para el ataque de organismos patógenos, resultando gran mortandad de las plántulas. Victoria (17), indica que en la mayoría de cultivares el porcentaje de brotación decrece en relación directa a la disminución de la temperatura y que se necesitan alrededor de 8 días para obtener un 50% de brotación a 30 °C, de 8 a 25 días a 26 °C y de 36 días a 18 °C. También concluye que cuando la temperatura decrece, no sólo la absorción de agua por esquejes disminuye debido al incremento en la resistencia al flujo del agua, sino también a la reducción a que la actividad de las enzimas involucradas en el proceso de brotación decrece (17).

### **c. Efecto de la humedad en la brotación**

Según Yang y Chen (18), la humedad óptima del suelo y temperatura ambiental para brotación es de -0.3 bares y 30 grados centígrados. Indican que la tasa de brotación de todos los cultivares disminuye a medida que baja el potencial de humedad, esto debido a efectos de la disponibilidad de agua y la rapidez con que esta se mueve.

Yan y Chen (18) indican que las diferencias de brotación entre variedades bajo las mismas condiciones de humedad del suelo se debe a las diferencias de conductividad hidráulica epidérmica, a la diferencia en la cantidad de agua requerida para activar enzimas responsables de invertir la sucrosa en azúcares y a la diferencia de concentraciones de sucrosa y azúcares reductores en los esquejes.

La cantidad y dinámica de movimiento del agua desde el suelo hacia las yemas puede incrementarse de acuerdo al requerimiento progresivo de las yemas, bajo condiciones de saturación de humedad, la caña no presenta brotación alguna debido a la escasez de oxígeno, pues durante el período de brotación, los esquejes tienen una alta actividad respiratoria y el oxígeno puede consumirse en un tiempo relativamente corto (17). La cantidad de oxígeno disponible en el suelo afecta a la brotación más seriamente que el estrés por humedad (3).



Los requerimientos de agua varían según el lugar, en climas templados cálidos necesita de 3.8 a 8.6 mm/día y de 4.8 a 8.9 mm/día en climas cálidos (3), los vientos deben ser de moderados a lentos, especialmente en cañas de porte alto. La caña se produce idealmente en suelos francos, bien drenados y con alto contenido de materia orgánica, el pH ideal es de 6.5 a 7 y en suelos arenosos se dan problemas por acame (9).

#### **D. Características de la variedad sembrada**

La variedad P.R. 75-2002 utilizada, tiene un hábito de crecimiento de tallos erectos, los entrenudos son de color verde rojizo amarillento con manchas negras cerosas, los entrenudos jóvenes presentan alguna coloración rojiza en la base. El entrenudo tiene una forma de crecimiento cilíndrico ligeramente curvado, en el lado opuesto de la yema. El nudo tiene una forma de crecimiento cilíndrico, las yemas son ovaladas con alas hacia el ápice sin superar al anillo de crecimiento. La vaina es de fácil desprendimiento, es de color verde con manchas rojizas. La lamina foliar es de borde aserrado, de color verde oscuro y son decumbentes. La aurícula lanceolada corta de un lado y en el otro generalmente inclinada, la ligula es deltoide con rombo (6).

### 3.1.3 Objetivos

#### A. General

Evaluar el efecto de profundidades de siembra en la brotación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la zona de producción seis, Ingenio Madre Tierra.

#### B. Específicos

- a. Identificar la profundidad de siembra que permita el mayor número de brotes por metro lineal.
- b. Identificar la profundidad de siembra que permita el mayor porcentaje de brotación.

### 3.1.4 Hipótesis

- a. A menor profundidad de tapado el número de brotes de caña se incrementará.
- b. La profundidad de tapado de 3 centímetros permitirá un mayor número de brotes por 5 metros lineales.

### **3.1.5 Metodología**

#### **A. Tratamientos**

La investigación consistió en evaluar cual de seis profundidades de siembra es mejor para la brotación del cultivo de la caña de azúcar.

Las profundidades de siembra evaluadas fueron 3, 6, 9, 12, 15 centímetros y un testigo absoluto, estas profundidades se seleccionaron considerando experiencias previas y de acuerdo a un muestreo de la profundidad de siembra promedio en la finca Tierra Nueva en donde no hay problemas de brotación. La profundidad de tapado promedio en la finca Tierra Nueva es de 7.5 centímetros estimada del promedio de 50 muestras al azar.

#### **B. Variables de respuesta**

Las variables de respuesta primarias medidas y analizadas estadísticamente fueron:

##### **a. Número de brotes por tratamiento**

Se contó el número de brotes o plántulas por tratamiento hasta los 35 días después de la siembra, los monitoreos se realizaron semanalmente.

El conteo llegó hasta los 35 días por la aparición de los brotes secundarios.

##### **b. Porcentaje de brotación**

Mediante monitoreos semanales de la brotación por tratamiento hasta los 35 días después de la siembra se determinaron los porcentajes de brotación por tratamiento.

#### **C. Diseño experimental y modelo estadístico**

El diseño experimental que se utilizó es el de una distribución de bloques completamente al azar con seis tratamientos y seis repeticiones lo cual hace un total de 36 unidades experimentales.

A continuación se presenta el modelo estadístico que valida la distribución planteada y la distribución de las unidades experimentales.

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

Donde:

- $Y_{ij}$  = Brotaciones por 5 metros lineales asociadas a la ij-ésima unidad Experimental.
- $\mu$  = Efecto de la media general.
- $T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.
- $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque o repetición.
- $\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.  
 $i=1,2,\dots,6$  tratamientos  
 $j=1,2,\dots,6$  bloques o repeticiones

#### **D. Unidad experimental**

La unidad experimental la constituyeron 5 metros lineales con una densidad de 50 yemas por los 5 metros. El experimento cuenta con 6 repeticiones por tratamiento y el área total del experimento esta constituida por 180 metros lineales, cada bloque cuenta con 30 metros lineales y 300 yemas, el total de la parcela experimental cuenta 1,800 yemas.

#### **E. Manejo del experimento**

El manejo del experimento en general incluyó la preparación del área para la siembra (subsulado, surqueado y aplicación de herbicida), la selección de semillas asexuales con yemas uniformes, el establecimiento del ensayo como tal (siembra de semilla asexual y tapado de la semilla) y el manejo del cultivo hasta la última fecha de monitoreo.

##### **a. Preparación del área para la siembra**

La preparación del área para la siembra se realizó con el tipo de labranza mínima, realizando la aplicación del herbicida a una dosis de 4.29 litros por hectárea, con glifosato

como ingrediente activo, posterior a la aplicación del herbicida, cinco días después se subsoló el suelo a una profundidad de 45 hasta 50 centímetros, un día después del subsuelo, se surqueó el suelo a una profundidad de 30 centímetros con un distanciamiento de 1.5 metros entre surcos.

**b. Selección de semillas asexuales**

Se realizó verificando cada una de las yemas que componían las semillas asexuales de caña a sembrar, en caso de existir una yema en mal estado esta se debía eliminar del todo sacándola o cortando el nudo donde se encontraba la misma.

En cuánto a la eliminación de yemas planteada anteriormente, los criterios para la eliminación son los siguientes, en caso de un pequeño daño por rata, gusano cogollero o algún otro tipo de daño ya sea de corte u otro se eliminará la yema, también se eliminaron las yemas que se veían propensas a brotar (o sea que se vean ya desarrolladas) esto por efecto de pérdida de dominancia apical en la planta cuando aun no estaba cortada.

**c. Establecimiento del ensayo**

Fecha de corte de semilla	19 de abril de 2004
Edad de la semilla:	9 meses
Fecha de establecimiento de siembra	20 de abril de 2004
Número de yemas por metro lineal	10
Método de renovación	Labranza mínima
Ubicación	Finca Pangola, lote número 40-02

**i. Siembra de semillas asexuales**

Posterior a la selección de las yemas en buen estado para el ensayo, se procedió a la siembra de las semillas asexuales de caña, depositando 10 yemas por metro lineal.

**ii. Tapado de semillas asexuales**

Teniendo las semillas asexuales en el surco, se procedió a tapar de acuerdo al tratamiento (3, 6, 9, 12, 15 y testigo absoluto) correspondiente, se tapaba con azadón y se medía con una regla la capa de suelo sobre la yema, para el testigo absoluto se tapo de forma arbitraria sin medir la profundidad de siembra.

**F. Toma de datos**

Desde la primera hasta la quinta semana de duración del ensayo, se realizaron monitoreos de carácter cuantitativo en cuanto al número de brotes por tratamiento, también se observó la abundancia relativa de las hojas.

Al final de la quinta semana, el ensayo no logró registrar la variable cuantitativa número de hojas por planta, pues contaban con el mismo número de hojas por brote y con la aparición de los brotes secundarios no permitió más tiempo para el ensayo.

**G. Análisis de la información**

Para la variable cuantitativa número de brotes por tratamiento durante cinco semanas, se realizó un análisis de varianza, como la variable de respuesta presento diferencias significativas al cinco por ciento entre las seis profundidades de siembra evaluadas, se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey a fin de establecer el comparador mínimo de la diferencia indicada.

### 3.1.6 Resultados

A los resultados de campo de la variable cuantitativa número de brotes por 5 metros lineales de las 36 unidades experimentales de la parcela neta, se les realizó el análisis estadístico correspondiente.

#### A. Número de brotes por 5 metros lineales a la cuarta a la quinta semana

El número de brotes por unidad experimental hasta la quinta semana fue diferente entre los tratamientos. Para conocer que tratamiento favoreció el mayor número de brotes por tratamiento se presenta el resumen del análisis de varianzas realizado a las distintas profundidades de siembra en el cuadro 18, los datos de brotaciones por tratamiento se presentan en el cuadro 16 a continuación.

**Cuadro 16. Brotaciones por profundidad de tapado.**

Tratamientos	BLOQUES					
	I	II	III	IV	V	VI
Testigo	21	26	24	27	39	32
3	40	33	23	24	21	48
6	45	46	50	39	48	40
9	40	20	32	28	42	45
12	30	30	17	33	23	25
15	21	19	23	19	14	14

Se analizaron los datos para determinar el tipo de distribución que presentaban mediante una prueba de Shapiro Wilks, el resumen del análisis se presenta en el cuadro 17.

**Cuadro 17. Resumen de la prueba de Shapiro Wilks.**

Shapiro Wilks		
Profundidades de tapado	W normal	Pr<W
Lectura 35 DDS	0.9832	0.891
DDS = Días después de la siembra		

Los datos del número de brotes por 5 metros lineales a los 35 días después de la siembra se ajustan a una distribución normal de los residuos, puesto que el valor de la probabilidad (0.891) fue mayor al valor de F (0.05). Posterior al análisis de la normalidad de los datos se procedió a realizar la prueba de análisis de varianzas de las profundidades de siembra para determinar si existe diferencia significativa entre los distintos tratamientos evaluados.

**Cuadro 18. Resumen del análisis de varianza de las profundidades de siembra.**

ANALISIS DE VARIANZA					
Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Bloque	5	182.92	36.58	0.65	0.6614
Profundidad de tapado	5	2330.92	466.18	8.33	0.0001
Error	25	1398.92	55.96		
Total	35	3912.75			
				C.V.	Media
				0.64	30.58

El valor medio es por unidad experimental

En el análisis de varianza realizado al número de brotes por 5 metros lineales, se presentaron diferencias significativas entre las seis profundidades de tapado evaluadas, por lo tanto se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey, la cual se muestra en el cuadro 19, a fin de establecer el comparador mínimo de la diferencia indicada.

**Cuadro 19. Resumen de Tukey para el número de brotes de caña de azúcar (*Saccharum spp*) por 5 metros lineales, a los 35 días después de la siembra, en la zona seis del Ingenio Madre Tierra.**

Profundidades de tapado	Grupo Tukey	Media
6	a	44.67
9	a b	34.5
3	a b c	31.5
Testigo	b c	28.17
12	b c	26.33
15	c	18.33
Comparador $W_p = 13.31$		

El mayor número de brotes por metro lineal de caña se obtuvo en los tratamientos 6, 9 y 3 con 44.67, 34.50 y 31.50 brotes por 5 metros lineales respectivamente, también se analiza de la prueba de Tukey que estadísticamente entre los tratamientos 6, 9, y 3



centímetros, no existe diferencia significativa y que el tratamiento menos recomendable es el de 15 centímetros de profundidad de siembra.

Con los resultados de la prueba de medias de Tukey rechazamos las hipótesis que a menor profundidad de tapado mayor número de brotes y que el tratamiento de 3 centímetros presentaría el mayor número de brotes, pues el mayor número de brotes se presentó en la profundidad de siembra de 6 centímetros, aunque estadísticamente la diferencia con el tratamiento de 3 centímetros no es significativa, la profundidad de siembra de 6 centímetros presenta el mayor número de brotes por unidad experimental.

### **B. Porcentaje de brotación**

Para determinar el porcentaje de brotación se realizaron monitoreos semanales de la brotación por tratamiento hasta los 35 días después de la siembra. Los porcentajes de brotación por tratamiento se muestran en el cuadro 20 a continuación. La brotación de yemas se empezó a observar a partir de la primera semana aunque con un porcentaje muy bajo, y a partir de la segunda semana el tratamiento de 6 centímetros de tapado presentó el mayor número de brotes de yemas por los 5 metros lineales que comprenden una unidad experimental.

**Cuadro 20. Porcentajes de brotación por semana**

Tratamientos	Porcentaje de brotación semanalmente				
	1	2	3	4	5
6	2.33	15.00	27.33	41.67	89.33
9	1.33	7.00	20.00	32.67	69.00
3	0.33	6.00	16.00	30.00	63.00
Testigo	1.00	4.67	15.00	27.00	56.33
12	0.67	3.67	13.67	25.33	52.67
15	0.00	2.33	11.67	18.00	36.67

El tratamiento de 6 centímetros produjo que el 89.33 por ciento las yemas sembradas con esta profundidad de siembra brotaran, por lo tanto es el más recomendable, mientras que la profundidad de siembra de 15 centímetros presentó el menor porcentaje de brotación con 36.67 por ciento.

### **3.1.7 Conclusiones y recomendaciones**

#### **A. Conclusiones**

- a. Estadísticamente las profundidades de siembra de 6, 9 y 3 centímetros sobre la semilla asexual de caña permiten un mayor número de brotes con respecto a los demás tratamientos que son el testigo, 12 y 15 centímetros.
  
- b. La profundidad de tapado de 6 centímetros es la que presenta el mayor valor medio, en cuanto a número de brotes por 5 metros lineales y la profundidad de 15 centímetros es la que presenta el menor número promedio de brotes por 5 metros lineales.

#### **B. Recomendaciones**

- a. Para el tapado mecanizado se deje ajustar el implemento a 6 centímetros de tapado sobre la semilla asexual de caña y tener como límites inferior y superior 3 y 9 centímetros respectivamente.

### 3.1.8 Bibliografía

1. Barnes, AC. 1974. The sugar cane. 2 ed. United States of América, Leonard Hill Books. p. 45-80.
2. Buenaventura, CE. 1974. Viabilidad y tamaño de la semilla asexual de caña de azúcar. Colombia, Instituto Colombiano del Azúcar. 10 p.
3. Buenaventura, CE. 1987. Evaluación de la fertilización, distancia de siembra y edad de corte en la producción y calidad de la semilla en caña de las variedades POJ 2878 y PR 61632. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2, Cali, 1987). Memoria. Colombia, Tecnicaña. p. 175-182.
4. \_\_\_\_\_. 1990. Semilleros y siembra de la caña de azúcar. Colombia, Cenicaña. 10 p. (Serie técnica, no. 6).
5. Campollo Figueroa, PS; Mejia Orozco, MW. 1999. Evaluación de siembra mecanizada de caña larga en la Corporación Pantaleón – Concepción. 7 p.
6. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar GT). 1994. Morfología de la caña de azúcar. Guatemala. 10 p. Folleto no. 2.
7. Flores, S. 1976. Manual de caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.
8. Humbert, RP. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719 p.
9. López Valenzuela, MA. 1999. Evaluación de dos densidades de siembra y cuatro concentraciones de ethephon sobre la brotación, población y producción de cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la estación experimental Camantulul, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 54 p.
10. Victoria, JI; Calderón, H. 1995. Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades de caña. *In* Centro Colombiano de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 1995. El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera colombiana. Colombia. 129 p.
11. Yang, S; Chen, JB. 1980. Germination response of sugar cane cultivars to soils moisture and temperature. *In* Congress of International Society of Sugar Cane Technologists (17, 1980, Manila). Proceedings. Filipinas, Print-In. p. 30-37.

## 3.2 ESTIMACIÓN DE DENSIDAD POBLACIONAL DE PLAGAS DEL SUELO EN LAS FINCAS TIERRA NUEVA Y LA GARRUCHA

### 3.2.1 Presentación

La amenaza de ataque de plagas del suelo a las fincas Tierra Nueva y La Garrucha por la presencia de plagas en fincas aledañas, se presentó como otro de los problemas de la zona, por lo tanto se procedió a estimar la densidad poblacional de plagas del suelo en las fincas La Garrucha y Tierra Nueva mediante un muestreo al azar para cada finca.

Las unidades muestrales correspondieron a  $0.108 \text{ m}^3$  por muestra extraída del surco ó macolla de caña. En la finca Tierra Nueva se extrajeron 42 muestras y en la finca La Garrucha se extrajeron 14 muestras.

Las plagas del suelo encontradas en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha fueron *Cyclocephala Latreille* (gallina ciega) y *Dipropus* spp. (gusano alambre). Por cada una de las 42 macollas muestreadas en la finca Tierra Nueva se extrajo una muestra del entre surco aledaño a la macolla extraída, esto, para determinar si existe relación entre el número de insectos en cada uno de estos puntos. De igual forma para cada una de las 14 macollas muestreadas de la finca La Garrucha, se extrajeron 14 muestras del entre surco más próximo a la macolla.

Al final de la estimación se concluye que estadísticamente no existe diferencia significativa entre el número de insectos en el surco (macolla de caña) y el entre surco para las dos fincas muestreadas, esto con un 99 % de confianza.

### 3.2.2 Marco conceptual

#### A. Definición de plaga

Es un organismo que perjudica a un cultivo de diferentes formas y que alcanza niveles poblacionales que son suficientes para causar pérdidas económicas (5). Las plagas del suelo más importantes que afectan al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Guatemala son: *Phyllophaga* spp.; *Agriotes* spp.; *Conoderus* spp.; *Scaptocoris talpa*; *Elasmopalpus lignosellus*; *Diatraea* spp.; *Podischnus agenor*; y *Aenolamia postica* (5).

#### B. Insectos plagas del suelo

##### a. Gallina ciega

Las larvas se conocen como gallinas ciegas y chisas, en tanto que los adultos se conocen como ronrones o jobotos de mayo.

##### i. Ciclo de vida de *Phyllophaga*

Incluye los estados de huevo, larva, pupa y adulto. El ciclo biológico, varía con el clima, es más corto en las regiones tropicales. El ciclo de vida para las especies de un año es: huevo de 14 a 84 días para su eclosión; estado larval uno, de 20 a 60 días; estado larval dos, de 30 a 60 días; estado larval tres, de 4 a 8 meses. La prepupa dura de 8 a 15 días y la pupa de 30 a 45 días. El adulto varía en su longevidad después de haber emigrado al exterior, pero en general dura de 8 a 30 días y las hembras duran más de dos meses (6).

En Guatemala, los adultos emergen de sus cápsulas dentro del suelo y aparecen en el periodo de abril, mayo y junio. Los adultos salen masivamente a copular para producir nueva progenie y ovipositan en los campos agrícolas y en todas aquellas áreas verdes sembradas en el período agrícola.

##### ii. Daño

El daño que provocan las plagas del suelo en el cultivo de la caña de azúcar, es destrucción del sistema radicular, produciendo mala absorción de nutrientes y agua por parte del cultivo, aunado a la pérdida del sistema radicular puede causar volcamiento.

**b. Gusanos alambres**

Las larvas se conocen como gusanos de alambre o y los adultos son conocidos como el escarabajo click.

**i. Ciclo de vida**

Tienen un ciclo de vida de 4 a 5 años, aunque se menciona que generalmente el ciclo de vida de los Elatéridos varía de dos a seis años o más, incluye las fases de huevo, larva, pupa y adulto

**ii. Daño**

Para el caso de renovaciones o nuevas siembras perforan las yemas que componen el esqueje de caña, provocando bajos rendimientos en la brotación de caña.

**C. Muestreo de plagas del suelo**

El conocer las densidades o poblaciones de insectos, para un área determinada, de acuerdo al tamaño de la misma, se puede tornar imposible. Es aquí donde el muestreo es útil, ya que a partir de estimadores, calculados a través de muestras, se puede llegar a conocer la población de una determinada especie de insectos, en un intervalo dado con cierto grado de confianza.

Barfield (2), establece que el tipo de dispersión se determina, de acuerdo a la relación entre la varianza y la media de la muestra. Si se tiene que la relación de la varianza media igual a uno, la población tiene un patrón de dispersión al azar, mayor que uno es agregada y menor que uno es uniforme.

**a. Localización espacial de las muestras**

Se distinguen tres localizaciones espaciales muestrales, de las varias formas que pueden haber. Al azar simple, al azar estratificado y sistemático (2).

**i. Al azar simple**

Consiste en tomar una muestra de tamaño  $n$  de una población de tamaño  $N$ , de tal forma que cada unidad de muestreo tiene la misma probabilidad de ser muestreada (9).

**ii. Al azar estratificado**

En el muestreo estratificado, se divide una población en subpoblaciones (estratos) de tamaño conocido, y se escoge una muestra simple al azar de dos unidades, por lo menos, de cada subpoblación. Este procedimiento ofrece varias ventajas. Una de ellas, es que, si existe mayor variación entre subpoblaciones que dentro de ellas, el estimador de la media de la población será más preciso que el que se obtenga por medio de una muestra al azar del mismo tamaño (9).

**iii. Sistemático**

Consiste en caminar sobre una ruta previamente establecida de muestreo, a través del campo, tomando muestras a distancias predeterminadas.

### **3.2.3 Objetivos**

#### **A. General**

Estimar la población de plagas del suelo en la Finca Tierra Nueva y La Garrucha.

#### **B. Específicos**

- a. Determinar que especies de plagas son las que se encuentran en la Finca Tierra Nueva y La Garrucha.
  
- b. Estimar si la cantidad de plagas del suelo en la macolla de caña y el entre surco en las Fincas Tierra Nueva y La Garrucha en promedio es la misma.

### **3.2.4 Hipótesis**

- A. Las poblaciones de insectos en la macolla y entre surco, en promedio presentan la misma cantidad de insectos.

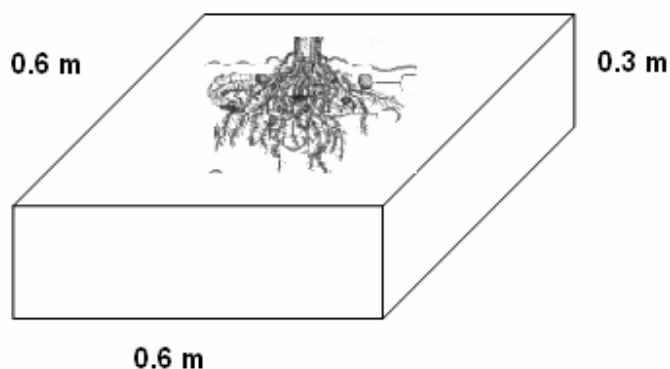


### 3.2.5 Metodología

Las fincas Tierra Nueva y La Garrucha cuentan con 527.26 hectáreas de caña cultivadas, de los cuales 427.18 hectáreas pertenecen a la finca Tierra Nueva y 100.08 hectáreas a la finca La Garrucha. A cada finca se le realizó un muestreo completamente al azar sin ningún criterio de estratificación pues las dos fincas fueron renovadas y por lo tanto el suelo de ambas fincas fue, subsolado, surqueado y expuesto a la radiación solar,

#### A. Tamaño de la unidad de muestra

La unidad de muestra que se empleó fue de  $0.108 \text{ m}^3$  ( $0.60 \text{ m} \times 0.60 \text{ m}$  por  $0.30 \text{ m}$ ) (Figura 13).



**Figura 13. Dimensiones de la unidad de muestra para plagas del suelo en las fincas Tierra Nueva y la Garrucha.**

#### B. Tamaño de la muestra

Para definir el tamaño de la muestra (número de unidades de muestra en las dos fincas) se realizó un premuestreo con 7 unidades de muestreo en cada finca, para determinar el número de muestras a realizar por finca. Con los valores obtenidos se procedió a calcular el tamaño de la muestra por medio de las siguientes ecuaciones.

$$\text{Tamaño de la población} = \frac{\text{Área total}}{\text{Área de muestra}}$$

$$n = \frac{N \times S^2 Z^2 (\alpha/Z)^2}{N \times d^2 + \left( S^2 \times Z^2 (\alpha/Z)^2 \right)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

S<sup>2</sup> = Varianza de la muestra piloto;

μ = Nivel de significancia

d = Precisión del estimador de interés (para este caso la media)

Z (μ / z ) = Valor tal que P ( Z < z ( μ / z ) ) = 1 - μ y Z es una variable con distribución normal estandarizada.

### C. Muestreo

Se realizó un muestreo completamente al azar y consistió en tomar un número de muestras de la población, de tal forma que cada unidad de muestreo tuvo la misma probabilidad de ser muestreada. En cada punto de muestreo (macolla muestreada) se extrajo el suelo del entre surco más próximo a la macolla. Esto para comparar los datos poblacionales de la macolla y el entre surco.

### D. Toma de muestras y preservación de insectos

El suelo colectado de la muestra en el campo se depositaba en una bolsa, la cual se identificaba con nombre de la finca a la que pertenecía la muestra, procedencia de la muestra (macolla o entre surco) y número de muestra. Posterior a la toma de la muestra en el campo, el suelo colectado se colaba en una malla metálica para percolar la tierra y así lograr la separación de los insectos, dichos insectos se colocaban en un recipiente sellado, que contenía tierra del lugar, para identificar todos los insectos colectados en cada unidad de muestra. Por la tarde del mismo día del muestreo se procedió a preservar los insectos, para lo cual se extraían de los envases plásticos y se depositaron en frascos de vidrio, estos frascos de vidrio junto con los insectos se colocaron en baño de maría y al precipitar al fondo más o menos a los cinco minutos se trasladaron a una solución de alcohol al 70 % durante una semana, para su posterior determinación.

### E. Determinación de géneros de las plagas

En el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía se determinaron los géneros de insectos muestreados, empleando para la familia *Elateridae* la clave de Stehr de 1,991 (11), y para la familia *Scarabaeidae* la clave de King de 1994 (9).

### F. Cuantificación de insectos

La densidad poblacional de cada género se registró en una tabla indicando la finca a la que pertenecía la muestra, el número de muestra, si la muestra era de la macolla o del entre surco.

### G. Análisis de la información

Se efectuó una prueba de rango con signo para las muestras extraídas de la macolla y el entre surco en el cultivo de caña para las fincas Tierra Nueva y La Garrucha, esta prueba nos sirvió para determinar si las muestras en un promedio presentan el mismo número de insectos en la macolla y el entre surco. Para esta prueba cuando el número de datos es mayor que 15 la distribución de los rangos ( $w$ ) se aproxima a la distribución normal con media:

$$\mu_w = \frac{n(n+1)}{4}$$

y la varianza:

$$\sigma_w^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$$

Por lo tanto cuando el número de datos excede el valor más grande en la tabla de valores críticos, se utiliza para prueba de rango el estadístico siguiente:

$$Z = \frac{w - \mu_w}{\sigma_w}$$

### 3.2.6 Resultados

#### A. Número de muestras

Para definir el tamaño de la muestra se realizó un premuestreo con 7 unidades de muestreo en cada finca, esto para determinar el número de extracciones de macollas a realizar por finca. A continuación en el cuadro 21, están los datos del premuestreo que sirvieron para determinar el tamaño de la muestra.

**Cuadro 21. Premuestreo de plagas del suelo en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha, zona seis Ingenio Madre Tierra, 2004.**

La Garrucha			Tierra Nueva		
No.	entre surco	surco ó macolla	No.	entre surco	surco ó macolla
1	1	2	1	1	2
2	0	1	2	0	1
3	0	1	3	1	1
4	1	2	4	2	4
5	1	1	5	1	1
6	0	2	6	0	5
7	1	3	7	1	3
<b>Media</b>	<b>0.571428571</b>	<b>1.714285714</b>	<b>Media</b>	<b>0.857142857</b>	<b>2.428571429</b>
<b>Varianza</b>	<b>0.285714286</b>	<b>0.571428571</b>	<b>Varianza</b>	<b>0.476190476</b>	<b>2.619047619</b>

$$\text{Número de muestras en Tierra Nueva} = \frac{(1,186.61) \times (2.6190)(1.96)^2}{(1,186.61) \times (0.2429) + (2.6190) \times (1.96)^2} = 40.03 \text{ muestras}$$

Por lo tanto se extrajeron 42 muestras en la finca Tierra Nueva pues la gerencia de la zona seis había propuesto este número de muestras.

$$\text{Número de muestras en La Garrucha} = \frac{(278) \times (0.5714)(1.96)^2}{(278) \times (0.1711) + (0.5714)(1.96)^2} = 12.26 \text{ muestras}$$

Por lo tanto se extrajeron 14 en la finca La Garrucha muestras pues la gerencia de la zona seis había propuesto este número de muestras.

## B. Determinación de géneros de las plagas

En los resultados de la estimación de los insectos plagas en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha mediante un muestreo al azar sin estratificación se encontró que las plagas presentes en estas fincas son : *Cyclocephala Latreille* conocida comúnmente como gallina ciega y *Dipropus* spp., conocida comúnmente como gusano alambre. La determinación de estas plagas se muestra en los cuadros 22 y 23 a continuación.

**Cuadro 22. Determinación entomológica de la gallina ciega.**

<b>Gallina Ciega</b>	
Orden	<b>Coleoptera</b>
Suborden	<b>Polyphaga</b>
Superfamilia	<b>Scarabaeoidea</b>
Familia	<b>Scarabaeidae</b>
Subfamilia	<b>Dynastinae</b>
Género	<b>Cyclocephala</b>
Tribu	<b>Cyclocephalini</b>
Nombre técnico de la plaga	<b><i>Cyclocephala Latreille</i></b>

**Cuadro 23. Determinación entomológica del falso gusano alambre.**

<b>Falso Gusano Alambre</b>	
Orden	<b>Coleoptera</b>
Suborden	<b>Polyphaga</b>
Superfamilia	<b>Scarabaeoide</b>
Familia	<b>Scarabaeidae</b>
Subfamilia	<b>Elateridae</b>
Género	<b>Dipropus</b>
Tribu	<b>Ampedini</b>
Subtribu	<b>Dicrepidiina</b>
Nombre técnico de la plaga	<b><i>Dipropus</i> spp.</b>

### C. Densidades poblacionales de insectos

A continuación se presenta en el cuadro 24 el resumen de los muestreos realizados en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha, con el total de insectos por género y ubicación encontrados en cada una de las fincas.

**Cuadro 24. Cuantificación de insectos en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha de acuerdo al género y la ubicación de la plaga en el campo de cultivo.**

Finca Tierra Nueva				Finca La Garrucha			
Número de insectos				Número de insectos			
Por género		Por ubicación		Por género		Por ubicación	
Cyclocephala	Dipropus	entre surco	macolla	Cyclocephala	Dipropus	entre surco	macolla
37	64	25	76	11	20	7	24

De acuerdo los totales del cuadro anterior se determinó la densidad poblacional de insectos por género y ubicación para cada una de las fincas muestreadas. Las densidades poblacionales se muestran en el cuadro 25.

**Cuadro 25. Densidades poblacionales para 0.108 m<sup>3</sup> de unidad de muestra.**

Finca Tierra Nueva				Finca La Garrucha			
Densidad poblacional				Densidad poblacional			
Por género		Por ubicación		Por género		Por ubicación	
Cyclocephala	Dipropus	entre surco	macolla	Cyclocephala	Dipropus	entre surco	macolla
0.44	0.76	0.59	1.81	0.79	1.43	1	3.43

En ambas fincas es mayor la densidad poblacional de *Dipropus* spp., con respecto a *Cyclocephala Latreille*, siendo en la finca La Garrucha de 1.43 insectos por 0.108 m<sup>3</sup> de unidad de muestra. También en ambas fincas la cantidad de insectos encontrados en la macolla del surco es mayor a la cantidad de insectos encontrados en el entre surco, presentando en la finca La Garrucha una densidad poblacional de 3.43 insectos por 0.108 m<sup>3</sup>. En la finca Tierra Nueva las densidades poblacionales de insectos entre macolla y entre surco son más cercanas teniendo valores para la macolla de 1.81 insectos por 0.108 m<sup>3</sup> y 0.59 insectos por 0.108 m<sup>3</sup>, por lo anterior procedimos a realizar una prueba para determinar la relación existente entre las medias de insectos en el surco y entre surco para ambas fincas.

#### D. Prueba de rangos con signos

Se realizó la prueba de rango con signos y aproximación normal con un nivel de significancia de 0.01, para las fincas Tierra Nueva y La Garrucha en los muestreos de la macolla y entre surco, para determinar si las muestras del surco y entre surco en un promedio presentan la misma cantidad de insectos, contra la alternativa que la mayor cantidad de insectos se encuentre en el surco. El resumen de dicha prueba se presenta en los cuadros 26 y 27.

Supuestos del modelo: Hipótesis nula.  $H_0: \tilde{\mu}_a - \tilde{\mu}_b = 0$

Hipótesis alternativa.  $H_a: \tilde{\mu}_a - \tilde{\mu}_b > 0$  Nivel de significancia.  $\alpha = 0.01$

$\tilde{\mu}_a$  = Media de insectos por muestras en la macolla

$\tilde{\mu}_b$  = Media de insectos por muestras en el entre surco

**Cuadro 26. Resumen de los resultados de la prueba de rango con signos para el muestreo realizado en la finca Tierra Nueva.**

Rangos			Comparadores	
Media (w)	Varianza (w)	Desviación estandar (w)	Z (w)	$Z_{0.01}$
451.5	6,396.25	79.98	-2.5	2.33

Como  $Z(w) < Z_{0.01}$  entonces se acepta la hipótesis nula y se concluye que las muestras del surco y entre surco no presentan diferencias significativas en cuanto al número de insectos en la finca Tierra Nueva.

**Cuadro 27. Resumen de los resultados de la prueba de rango con signos para el muestreo realizado en la finca La Garrucha.**

Rangos			Comparadores	
Media (w)	Varianza (w)	Desviación estandar (w)	Z (w)	$Z_{0.01}$
52.5	253.75	15.93	1.32	2,33

Como  $Z(w) < Z_{0.01}$  entonces se acepta la hipótesis nula y se concluye que las muestras del surco y entre surco no presentan diferencias significativas en cuanto al número de insectos en la finca La Garrucha.

### 3.2.7 Conclusiones y Recomendaciones

#### A. Conclusiones

- a. Las plagas del suelo encontradas en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha son *Cyclocephala Latreille* y *Dipropus* spp.
- b. En ambas fincas la densidad poblacional de *Dipropus* spp., es mayor, siendo en la finca La Garrucha de 1.43 insectos por 0.108 m<sup>3</sup>, y también en ambas fincas la cantidad de insectos encontrados en la macolla del surco es mayor a la cantidad de insectos encontrados en el entre surco, presentando en la finca La Garrucha una densidad poblacional de 3.43 insectos por 0.108 m<sup>3</sup>.
- c. Estadísticamente no existe diferencia significativa entre la cantidad de insectos en la macolla y el entre surco para las fincas Tierra Nueva y La Garrucha.

#### B. Recomendaciones

- a. Es apropiado realizar algún tipo de control a este tipo de plagas, porque las fincas Tierra Nueva y La Garrucha fueron renovadas en su totalidad por lo tanto es un tipo de caña plantía.
- b. Se recomienda evaluar el daño económico provocado por la presencia de estas plagas en las fincas Tierra Nueva y La Garrucha.



### 3.2.7 Bibliografía

1. Andrews, K. 1984. El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agronómicos, hortícolas y frutales. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 112 p.
2. Barfield, CS. 1986. El muestreo en el manejo integrado de plagas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, MIP. 72 p.
3. Barnes, AC. 1974. The sugar cane. 2 ed. United States of América, Leonard Hill Books. p. 45-80.
4. Díaz C, JF. 1999. Introducción a los métodos no paramétricos. México, Universidad Veracruzana. Facultad de Estadística e Informática 131 p.
5. Hernández Arreaga, GA; Monterroso, D. 1990. El sistema de alarma: un componente del manejo integrado de plagas. Tikalia 3(1-2):18-28.
6. Hruska, AJ; Rosset, M. 1987. Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. Turrialba, Costa Rica, CATIE, MIP. 30 p.
7. Keith, L; Andrews, L; Quezada, JR. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Departamento de Protección Vegetal. 623 p.
8. King, ABS. 1994. Biología e identificación de *Phyllophaga* de importancia económica en América Central. Costa Rica, CATIE / PRIAG. p. 33-49. (Serie Técnica 277).
9. Macchiavelli, RE. 1987. Fundamentos y aplicaciones del análisis estadístico en muestreo de poblaciones de insectos. Buenos Aires, Tesis M. Sc. Argentina, UBA. 225 p.
10. Martínez, G. 1988. Determinación del período crítico de interferencia de malezas en la caña de azúcar, en la finca Sabana Grande, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 45 p.
11. Stehr, FW. 1991. Immature insects: clave para coleóptera y díptera. US, Kendall / Hunt Publishing. v. 2, 975 p.

## Apéndice 1.

## Encuesta del diagnóstico

Encuesta sobre los problemas principales en la zona de producción número seis del Ingenio Madre Tierra.

Nombre : \_\_\_\_\_

Puesto: \_\_\_\_\_

1.) Cuáles cree que son las principales o limitaciones en la zona de producción número seis:

2.) Enumere en orden de importancia, de acuerdo a la siguiente ponderación, las principales causas de las pérdidas de Caña en el transporte:

### **Ponderación de los principales problemas en la zona seis:**

40 puntos: Problema principal

20 puntos: Segundo problema más importante

10 puntos: Tercer problema más importante

5 puntos: Cuarto problema más importante

3.) Cuáles cree usted serían las posibles soluciones a estos problemas:

**Apéndice 2.****Encuesta de la investigación**

Encuesta sobre la Estimación de las Pérdidas de Caña en el Transporte

Nombre : \_\_\_\_\_

Puesto: \_\_\_\_\_

1.) Cuáles cree que son las principales causas de las pérdidas de caña durante el transporte del alce al despunte:

2.) Enumere en orden de importancia, de acuerdo a la siguiente ponderación, las principales causas de las pérdidas de Caña en el transporte:

**Ponderación de las pérdidas de Caña en el transporte:**

40 puntos: Causa más importante de las pérdidas

20 puntos: Segunda causa de importancia en las pérdidas

10 puntos: Tercera causa de importancia en las pérdidas

5 puntos: Cuarta causa de importancia en las pérdidas

3.) Cuáles cree usted serían las posibles soluciones a estos problemas:

## Apéndice 3.

## Boleta de toma de datos

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Ejercicio Profesional Supervisado EPSA

Título de la investigación: Estimación de la pérdida de caña en el transporte del alce al despunte, en la zona seis del Ingenio Madre Tierra.

Fecha de la colecta: \_\_\_\_\_ Número de colecta: \_\_\_\_\_

Horario de colecta: \_\_\_\_\_ Tipo de llenado del camión: \_\_\_\_\_

Finca	Toneladas perdidas por partes			Pérdida total (toneladas)
	4.5 km	Central	Despunte	

**Cuadro 28A. Datos de colectas de la pérdida de caña en el transporte.**

Finca	Horario	Número de viajes	Toneladas perdidas por viaje	4.5 km	central	despunte
Pangola	día	1	0.63	0.44	0.064	0.126
	día	1	0.5	0.39	0.015	0.095
	día	1	0.62	0.48	0.047	0.093
	noche	1	0.73	0.56	0.03	0.14
	noche	1	0.67	0.51	0.04	0.12
Cantoira	día	1	0.58	0.43	0.03	0.12
	día	1	0.57	0.44	0.02	0.11
	día	1	0.69	0.55	0.02	0.12
	noche	1	0.71	0.55	0.147	0.013
	noche	1	0.63	0.5	0.02	0.11
Pangola	día	1	0.54	0.41	0.033	0.097
	día	1	0.49	0.38	0.03	0.08
	día	1	0.75	0.6	0.03	0.12
	día	1	0.74	0.56	0.05	0.13
	día	1	0.61	0.48	0.033	0.097
Cantoira	noche	1	0.63	0.5	0.02	0.11
	noche	1	0.58	0.435	0.055	0.09
	día	1	0.48	0.37	0.03	0.08
	día	1	0.57	0.44	0.04	0.09
	día	1	0.78	0.61	0.04	0.13
Pangola	día	1	0.72	0.56	0.04	0.12
	día	1	0.65	0.49	0.04	0.12
	día	1	0.59	0.43	0.02	0.14
	noche	1	0.64	0.48	0.05	0.11
	noche	1	0.62	0.5	0.02	0.1
<b>TOTAL</b>			<b>15.72</b>	<b>12.095</b>	<b>0.964</b>	<b>2.661</b>
<b>PROMEDIO</b>			<b>0.6288</b>	<b>76.9402</b>	<b>6.132316</b>	<b>16.9274809</b>

**Cuadro 29A. Datos de las colectas previas de la pérdida de caña en el transporte.**

Finca	Número de colecta	Toneladas perdidas por viaje	Número de colecta	Toneladas perdidas por viaje	Promedio total
	1	0.65	26	0.67	0.656
	2	0.76	27	0.65	
	3	0.69	28	0.69	
	4	0.57	29	0.59	
	5	0.53	30	0.55	
	6	0.58	31	0.75	
	7	0.73	32	0.56	
	8	0.79	33	0.71	
	9	0.68	34	0.61	
	10	0.69	35	0.62	
	11	0.64	36	0.59	
	12	0.6	37	0.58	
	13	0.81	38	0.57	
	14	0.73	39	0.56	
	15	0.59	40	0.65	
	16	0.63	41	0.71	
	17	0.69	42	0.72	
	18	0.63	43	0.63	
	19	0.57	44	0.65	
	20	0.61	45	0.66	
	21	0.65	46	0.77	
	22	0.77	47	0.61	
	23	0.78	48	0.67	
	24	0.57	49	0.63	
	25	0.68	50	0.79	

**Cuadro 30A. Datos de los monitoreos de las brotaciones de caña, en la evaluación de una profundidad de tapado, en la zona seis del Ingenio Madre Tierra.**

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI
<b>Testigo</b>	21	26	24	27	39	32
<b>3</b>	40	33	23	24	21	48
<b>6</b>	45	46	50	39	48	40
<b>9</b>	40	20	32	28	42	45
<b>12</b>	30	30	17	33	23	25
<b>15</b>	21	19	23	19	14	14

**Cuadro 31A. Tabulación de datos del muestreo de plagas realizado en la finca Tierra Nueva, zona seis, 2004.**

Lote	Muestra	Número de insectos por ubicación		Número de insectos por género	
		Entre surco	surco	<i>Cyclocephala</i>	<i>Dipropus</i>
1	1	0	0	0	0
	2	0	1	0	1
	3	0	0	0	0
	4	0	1	1	0
	5	0	2	0	2
	6	0	0	0	0
	7	0	0	0	0
Totales		0	4	1	3
Total		4			
Lote	Muestra	Número de insectos por ubicación		Número de insectos por género	
		Entre surco	surco	<i>Cyclocephala</i>	<i>Dipropus</i>
2	1	1	2	2	1
	2	2	3	2	3
	3	1	4	3	2
	4	1	3	0	4
	5	1	2	2	1
	6	0	1	0	1
	7	1	1	0	2
Totales		7	16	9	14
Total		23			
Lote	Muestra	Número de insectos por ubicación		Número de insectos por género	
		Entre surco	surco	<i>Cyclocephala</i>	<i>Dipropus</i>
3	1	2	7	4	5
	2	1	1	1	1
	3	0	5	2	3
	4	1	6	3	4
	5	1	3	2	2
	6	3	5	2	6
	7	0	4	0	4
Totales		8	31	14	25
Total		39			

Lote	Muestra	Número de insectos por ubicación		Número de insectos por género	
		Entre surco	surco	<i>Cyclocephala</i>	<i>Dipropus</i>
4	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
	7	0	0	0	0
Totales		0	0	0	0
Total		0			
Lote	Muestra	Número de insectos por ubicación		Número de insectos por género	
		Entre surco	surco	<i>Cyclocephala</i>	<i>Dipropus</i>
5	1	2	3	0	5
	2	1	1	2	0
	3	1	2	0	3
	4	0	1	1	0
	5	1	2	2	1
	6	0	3	2	1
	7	0	1	0	1
Totales		5	13	7	11
Total		18			
Lote	Muestra	Número de insectos por ubicación		Número de insectos por género	
		Entre surco	surco	<i>Cyclocephala</i>	<i>Dipropus</i>
6	1	1	2	2	1
	2	0	1	0	1
	3	2	2	2	2
	4	1	1	1	1
	5	0	2	0	2
	6	1	3	0	4
	7	0	1	1	0
Totales		5	12	6	11
Total		17			



**Cuadro 32A. Datos para prueba de rangos con signo para dos muestras relacionadas en la Finca Tierra Nueva, zona seis, 2004.**

Datos para prueba de rangos con signo para dos muestras relacionadas									
Lote	Muestra	Número de insectos por ubicación		Diferencia	Rango	Rango con signo		Número de insectos por género	
		Entre surco	surco			(+)	(-)	<i>Cyclocephala</i>	<i>Dipropus</i>
1	1	0	0	0				0	0
	2	0	1	-1	7.5		7.5	0	1
	3	0	0	0				0	0
	4	0	1	-1	7.5		7.5	1	0
	5	0	2	-2	17.5		17.5	0	2
	6	0	0	0				0	0
	7	0	0	0				0	0
2	8	1	2	-1	7.5		7.5	2	1
	9	2	3	-1	7.5		7.5	2	3
	10	1	4	-3	21.5		21.5	3	2
	11	1	3	-2	17.5		17.5	0	4
	12	1	2	-1	7.5		7.5	2	1
	13	0	1	-1	7.5		7.5	0	1
	14	1	1	0				0	2
3	15	2	7	-5	25		25	4	5
	16	1	1	0				1	1
	17	0	5	-5	25		25	2	3
	18	1	6	-5	25		25	3	4
	19	1	3	-2	17.5		17.5	2	2
	20	3	5	-2	17.5		17.5	2	6
	21	0	4	-4	23		23	0	4
4	22	0	0	0				0	0
	23	0	0	0				0	0
	24	0	0	0				0	0
	25	0	0	0				0	0
	26	0	0	0				0	0
	27	0	0	0				0	0
	28	0	0	0				0	0
5	29	2	3	-1	7.5		7.5	0	5
	30	1	1	0				2	0
	31	1	2	-1	7.5		7.5	0	3
	32	0	1	-1	7.5		7.5	1	0
	33	1	2	-1	7.5		7.5	2	1
	34	0	3	-3	21.5		21.5	2	1
	35	0	1	-1	7.5		7.5	0	1
6	36	1	2	-1	7.5		7.5	2	1
	37	0	1	-1	7.5		7.5	0	1
	38	2	2	0				2	2
	39	1	1	0				1	1
	40	0	2	-2	17.5		17.5	0	2
	41	1	3	-2	17.5		17.5	0	4
	42	0	1	-1	7.5		7.5	1	0
						0	351		
Promedio		0.60	1.81						

