

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE VINAZA Y CACHAZA SOBRE INDICADORES  
BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL SUELO EN LOTES DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE  
AZÚCAR (*Saccharum spp.*), BAJO DOS SISTEMAS DE COSECHA. INGENIO  
PANTALEÓN, S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**DIEGO ENRIQUE SANTIAGO MÉNDEZ**

**GUATEMALA, MAYO 2016**

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE VINAZA Y CACHAZA SOBRE INDICADORES  
BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL SUELO EN LOTES DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE  
AZÚCAR (*Saccharum* spp.), BAJO DOS SISTEMAS DE COSECHA. INGENIO  
PANTALEÓN S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

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

**POR**

**DIEGO ENRIQUE SANTIAGO MÉNDEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO  
EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**GUATEMALA, MAYO 2016**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

**Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. M.Sc. César Linneo García Contreras</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br. Ind. Milton Juan José Caná Aguilar</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>M.E.H. Ruth Raquel Curruchich Cumez</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardon</b>

**GUATEMALA, MAYO 2016**

Guatemala, Mayo de 2016

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE VINAZA Y CACHAZA SOBRE INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL SUELO EN LOTES DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*), BAJO DOS SISTEMAS DE COSECHA. INGENIO PANTALEÓN, S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente;

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

DIEGO ENRIQUE SANTIAGO MÉNDEZ

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por ser mi amigo incondicional que me acompaña, guía e ilumina mi vida y ser la luz en todo momento de mi vida y en este sueño que emprendí.

### **MI PADRE**

Por ser el ejemplo de lucha, por ser ese apoyo incondicional, ese hombre que día a día lucho y se cansó por sacarme adelante, por enseñarme a ser fuerte por darme cada día de mi vida su entrega, dedicación, esfuerzo, esmero, a ese hombre que tuve la bendición de tener como padre. Te quiero.

### **MI MADRE**

Gracias por ser la mujer que más me ama, por ser esa mujer incansable, esa mujer que diario vi luchar hasta el cansancio por mí, por apoyarme, alentarme, estar conmigo todos los días, porque esta lucha fue nuestra madre, y este día te digo gracias a ti, lo hemos logrado. Te amo.

### **MI HERMANO**

Oswaldo Manuel Santiago Méndez, por haber estado desde mi infancia y adolescencia, siempre ha sido un apoyo en mi vida.

### **MIS ABUELOS Y ABUELAS**

Melchor Santiago (Q.E.P.D.), María Cristina de la Cruz (Q.E.P.D.), Manuel Méndez Y Feliciano Ceto por su apoyo durante mi formación como persona y profesional.

**MIS TIOS**

Olivia Morales (Q.E.P.D.), Melchor (Q.E.P.D.), Vicente Sic, Benjamín, Francisco, Diego, Domingo, María, Elena, Pablo y Gaspar por brindarme su alegría y la gran bendición de ser su sobrino, los quiero mucho.

**MI PRIMA Y ESPOSO**

Ingrid Marielos Sic y Benjamín Meza porque siempre me han acompañado en los buenos y malos momentos de mi vida y me han dado su cariño y muchas veces ejercen el papel de padres. Los quiero.

**MIS SOBRINAS**

Joselyn, Seyli y Estefanía por brindarme su alegría y la gran bendición de ser su tío político, para que este sea un ejemplo de superación. Las quiero mucho.

**MIS VECINOS**

Guadalupe Palma, Doris Flores, Dionisio Ajpichilla, Edgar Ajpichilla por permitir conocerlos y convertirse en una familia y darme su apoyo incondicional para este sueño logrado.

**MIS AMIGOS**

Ivo Asturias, María Fernanda Menchu, Claudia Saput, Henry Rodas, Ernesto Guzmán, Miguel Aguilar, Selvin García, Henry Ajpichilla, Osman Ajpichilla, Wilber Ajpichilla, Erlyn Ajpichilla, quienes de una u otra forma estuvieron ayudándome a formarme como profesional y por permitir conocerlos y estar presentes en diversas etapas de mi vida.

## TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

**A:**

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

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

Facultad de Agronomía, por brindarme las herramientas académicas necesarias para llegar a esta etapa.

A mis primos por estar en todo momento a mi lado, y brindar alegría a mi vida.

Al laboratorio de suelos de CENGICAÑA, especialmente a cada una de la mujeres trabajadoras y luchadoras que buscan lo mejor para su familia. Licda. Wendy, Damaris, Flor, Idania, Alejandrina y también a Gerson y Don por el apoyo brindado en los análisis de suelos que realice y el aprendizaje.

A mis amigos y compañeros: a todas esas personas con las que compartí desde mi infancia, a mis amigos de básico, diversificado, de la universidad, han llegado como un don de Dios, una gran bendición y una alegría, gracias por escucharme, ayudarme y apoyarme y sobre todo brindarme su amor y confianza, en especial a Claudia Saput, Henry Rodas, Ivo Asturias, María Fernanda Menchu, Antonio Ángel Almaraz, Mariela Moreira, Luis Ángel Marroquín, Yasmin Silvestre, José Roldan, Daniel Figueroa, Estefany Saucedo, Ludwing, Juan Marroquín, Ernesto Guzmán, Miguel Aguilar, Selvin García, Néstor Cuxun, Evelyn Ache, Luvia López, Boris Girón, Melvin Navarro, Alejandra García, Hugo Ferres, Jorge Sandoval, Ana Castañeda, Melisa Morales, Mariano Berganza, Nehemías Serech, Alex Soto y a ti Mayreni Martínez (Q.E.P.D) que nos dejaste en el camino hacia nuestros sueños, a cada uno de los que en su momento han formado parte de mi vida, gracias por tantas alegrías y experiencias vividas.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **MI SUPERVISOR**

Ing. José Luis Alvarado por su supervisión, orientación y apoyo durante el Ejercicio Profesional Supervisado, por su confianza, paciencia y amistad incondicional.

### **MI ASESOR**

Dr. Marco Vinicio Fernández por sus importantes aportes, tiempo, conocimientos y consejos brindados para la realización de la presente investigación.

### **MI ASESORA**

Dra. María Antonieta Alfaro por su tiempo y conocimientos brindados en la investigación realizada y su apoyo incondicional para lograr el objetivo alcanzado.

### **INGENIO PANTALEÓN**

Por darme la oportunidad de culminar mi fase de estudios para mi formación como profesional, en especial al Ing. Rolando Duarte por darme la oportunidad de realizar el EPS en dicha empresa.

### **INVESTIGACION AGRÍCOLA**

Ing. Víctor Chique, Adán Javier, Berta Gómez, Antonio Abad, Christopher Poroj y Flor de María Hernández Salguero por apoyarme y abrirme las puertas en mi Ejercicio Profesional Supervisado y su amistad brindada a mi persona.

### **DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

A los ingenieros Rolando Duarte, Marco Vinicio Paz, Vinicio Toledo, Sostenes Leal, y compañeros William Carbajal, William Balana, Rosa López, Mynor Figueroa, Rubén Argueta, Edén Hernández por ayudarme y guiarme en el camino profesional y la amistad incondicional durante este corto tiempo.



## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA DE LA CORPORACIÓN PANTALEÓN-CONCEPCIÓN, S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA.C.A. ....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos .....	4
1.3 METODOLOGÍA .....	5
1.3.1 Detallar el sistema .....	5
1.3.2 Identificación de los problemas.....	5
1.3.3 Análisis FODA .....	5
1.3.4 Tabulación de datos .....	5
1.3.5 Observación.....	5
1.4 RESULTADOS.....	6
1.4.1 Ubicación geográfica .....	6
1.4.2 Datos de la Corporación Pantaleón-Concepción.....	7
1.4.3 Localización de la Empresa.....	9
1.4.4 Vías de acceso .....	9
1.4.5 Recursos naturales.....	10
1.4.6 Datos Generales.....	10
1.4.7 Misión .....	10
1.4.8 Responsabilidades .....	10
1.4.9 Metas y Objetivos .....	10
1.4.10 Estructura del departamento .....	11
1.4.11 Jefe del Departamento .....	11
1.4.12 Estructura Organizacional .....	12
1.4.13 Coordinador de semilleros y variedades .....	13
1.4.14 Coordinador de investigación agrícola .....	13

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
1.4.15 Área de Investigación Agrícola.....	13
1.4.16 Principales deficiencias encontradas.....	15
1.4.17 Resultados del ANALISIS FODA general de Departamento de Agronomía .....	16
1.5 CONCLUSIONES.....	18
1.6 BIBLIOGRAFÍA .....	19
 CAPITULO II	
2 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE VINAZA Y CACHAZA SOBRE INDICADORES BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL SUELO EN LOTES DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum spp), BAJO DOS SISTEMAS DE COSECHA. INGENIO PANTALEÓN, S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. ....	21
2.1 PRESENTACIÓN.....	23
2.2 MARCO TEORICO.....	25
2.2.1 Marco Conceptual.....	25
2.2.2 Marco Referencial.....	48
2.3 OBJETIVOS .....	54
2.3.1 General.....	54
2.3.2 Específicos .....	54
2.4 METODOLOGIA .....	55
2.4.1 Ubicación de las áreas de muestreo.....	55
2.4.2 Muestreo y extracción de la mesofauna .....	55
2.4.3 Muestreo y extracción de Nematodos .....	56
2.4.4 Identificación de los individuos de la mesofauna .....	57
2.4.5 Identificación de los individuos de la población de nematodos.....	57
2.4.6 Análisis estadístico .....	59
2.5 RESULTADOS.....	60
2.5.1 Mesofauna del Suelo .....	66
2.5.2 Nematodos .....	82
2.6 CONCLUSIONES.....	92
2.7 RECOMENDACIONES .....	94

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
2.8 BIBLIOGRAFÍA .....	95
2.9 CONSTANCIAS .....	98
<b>CAPITULO III</b>	
3 INFORME FINAL DE SEVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA EN LA CORPORACIÓN PANTALEÓN-CONCEPCIÓN, S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. ....	101
3.1 PRESENTACIÓN.....	103
3.2 AREA DE INFLUENCIA.....	104
3.3 OBJETIVOS.....	105
3.3.1 General.....	105
3.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO CONCENTRACIONES DE TERRAMIX, PARA REGULAR EL pH DEL SUELO, EN FINCA PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. ....	106
3.4.1 Definición del Problema.....	106
3.4.2 Marco Teórico.....	107
3.4.3 Objetivos específicos.....	110
3.4.4 Metodología.....	111
3.4.5 Resultados.....	113
3.4.6 Conclusiones .....	117
3.4.7 Croquis de campo.....	118
3.4.8 Constancias.....	119
3.5 EVALUACIÓN DEL INSECTICIDA KPAZ 70 WG VRS ACTARA 25 WG PARA EL CONTROL DE CHINCHE SALIVOSA (Aeneolamia spp), FINCA EL FLORATO,INGENIO CONCEPCIÓN, S.A, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. ....	120
3.5.1 Definición del Problema.....	120
3.5.2 Marco Teórico.....	121
3.5.3 Objetivos Específicos .....	125
3.5.4 Metodología.....	126
3.5.5 Variables de respuesta.....	127
3.5.6 Resultados.....	128
3.5.7 Conclusiones .....	132
3.5.8 Croquis de campo.....	133

3.5.9	Constancias.....	134
3.5.10	Bibliografía .....	135

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1. Ubicación Departamento de Agronomía, Ingenio Pantaleón.....	6
Figura 2. Organigrama del Departamento de Agronomía .....	12
Figura 3. Diagrama del proceso de la obtención de la Vinaza .....	26
Figura 4.Elementos Abundantes en Vinaza .....	27
Figura 5.Elementos escasos en vinaza .....	27
Figura 6. Subproductos de la caña de azúcar .....	33
Figura 7. Morfología y características del nematodo macho y hembra .....	39
Figura 8. Morfología y tamaño de los nematodos fitoparásitos importantes .....	40
Figura 9.Mapa de ubicación de Ingenio Pantaleón .....	48
Figura 10. Factores del manejo nutricional .....	50
Figura 11. Diferentes formas de la aplicación de vinaza en caña de azúcar.....	51
Figura 12. Temperatura de la zona cañera de Guatemala.....	53
Figura 13: Mapa de Ubicación del Tratamiento 1 Finca Limones S.A.....	62
Figura 14. Mapa de ubicación del Tratamiento 2 Finca Churubusco .....	62
Figura 15. Mapa de Ubicación del Tratamiento 3 Finca Limones.....	63
Figura 16. Mapa de Ubicación del Tratamiento 4 Finca Churubusco.....	63
Figura 17. Mapa de Ubicación del Tratamiento 5 Finca San José Miramar .....	64
Figura 18. Mapa de Ubicación del Tratamiento 6 Finca El Bálsamo .....	64
Figura 19. Mapa de Ubicación del tratamiento 7 Finca Las Ilusiones .....	65
Figura 20. Mapa de Ubicación del Tratamiento 8 Finca Pantaleón .....	65
Figura 21. Especie Curculionidae, orden coleóptera.....	70
Figura 22. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento cosecha en verde con 10 m <sup>3</sup> con vinaza .....	70
Figura 23. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha manual con 10 m <sup>3</sup> de vinaza.....	71
Figura 24. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha en verde con 2 m <sup>3</sup> de vinaza .....	71
Figura 25. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha manual con 2 m <sup>3</sup> de vinaza.....	72
Figura 26. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha manual con 20 m <sup>3</sup> de vinaza.....	74
Figura 27. Número de individuos de grupos taxonomicos del tratamiento de cosecha manual sin vinaza .....	74
Figura 28. Número de individuos de grupos taxonomicos del tratamiento de cosecha manual con cachaza.....	75
Figura 29. Comportamiento poblacional de la mesofauna del suelo en base a grupos funcionales .....	80

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 30. Promedio del número de nematodos/100 g de suelo .....	83
Figura 31. Promedio del número de familias/100 g de suelo y total de familias ....	83
Figura 32. Prueba de Scott & Knott para el grupo de familias de nematodos de los tratamientos evaluados .....	86
Figura 33. Comportamiento poblacional de la comunidad de nematodos en base a grupos tróficos .....	90
Figura 34. Barreno helicoidal para recolección de muestras de suelo para análisis de los indicadores biológicos .....	98
Figura 35. Extractor Berlese Tullgren .....	98
Figura 36. Identificación del recipiente para la recolección de la mesofauna.....	98
Figura 37. Espécimen de Dermáptera identificado en muestras de suelo .....	99
Figura 38. Espécimen de Himenóptera identificado en muestras de suelo .....	99
Figura 39. Espécimen de Coleóptera identificado en muestras de suelo .....	99
Figura 40. Identificación de Nematodos en laboratorio de ANACAFE .....	100
Figura 41. Características de la cavidad bucal de nematodos a= Bacteriófagos b=Micofago c=Fitófagos .....	100
Figura 42. Ubicación Finca Pantaleon.....	104
Figura 43. Ubicación Finca el Florato Gonzales.....	105
Figura 44. Función de Mg en el Balance energético de la planta.....	109
Figura 45. Efecto de la aplicación de terramix en el pH del suelo a una profundidad de 0-5 cm a los 120 DDA .....	114
Figura 46. Efecto en la aplicación de terramix sobre el pH del suelo a una profundidad de 5-10 cm. ....	115
Figura 47. Efecto en la aplicación de terramix en respuesta al incremento de pH del suelo a una profundidad de 0-5 cm. ....	115
Figura 48. Evaluar el efecto en la aplicación de terramix en respuesta al incremento de pH del suelo a una profundidad de 5-10 cm .....	116
Figura 49. Peso de suelo para cada unidad experimental .....	119
Figura 50. Aplicación de terramix de los diferentes tratamientos .....	119
Figura 51. Identificación de los tratamientos .....	119
Figura 52. Efecto de los insecticidas sobre los insectos/tallo a los 28 DDA .....	128
Figura 53. Efecto de los insectos sobre el factor Adultos/tallos por metro lineal a los 28 DDA.....	129
Figura 54. Efecto de los Insecticidas aplicados sobre Ninfas/tallos por metro lineal a los 28 DDA .....	130
Figura 55. Estadío de ninfa 2 de chinche salivosa .....	134
Figura 56. Momento de aplicación de los tratamientos .....	134

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1. Diferencias entre los dos tipos de prácticas de cosecha en el cultivo de caña de azúcar ( <i>Saccharum spp</i> ).....	37
Cuadro 2. Área de cosecha en verde y cosecha manual de Ingenio Pantaleón ...	50
Cuadro 3. Área (ha) de las diferentes formas de aplicación de vinaza .....	51
Cuadro 4. Asignación de nitrógeno para la aplicación de vinaza .....	52
Cuadro 5. Asignación de fósforo para la aplicación de vinaza .....	52
Cuadro 6. Asignación de potasio para la aplicación de vinaza .....	52
Cuadro 7. Características de los lotes evaluados según su tratamiento de vinaza y/o cachaza en Ingenio Pantaleón, 2014. ....	58
Cuadro 8. Puntos de muestreo de fincas evaluadas de los primeros cuatro tratamientos en Ingenio Pantaleón, 2014.....	60
Cuadro 9. Puntos de muestreo de fincas evaluadas de los últimos cuatro tratamientos en Ingenio Pantaleón, 2014.....	61
Cuadro 10. Número de individuos de la mesofauna del suelo y número de grupos taxonómicos. ....	67
Cuadro 11. Análisis de varianza realizado para el número de individuos de la mesofauna .....	67
Cuadro 12. Prueba de Scott & Knott evaluando el número de individuos de la mesofauna para cada tratamiento .....	68
Cuadro 13. Análisis de varianza efectuado para los grupos taxonómicos de la mesofauna .....	68
Cuadro 14. Prueba de Scott & Knott realizada para los grupos taxonómicos de la mesofauna .....	69
Cuadro 15. Número de individuos de los grupos taxonómicos encontrados en las muestras colectadas por cada tratamiento .....	77
Cuadro 16. Abundancia relativa de los órdenes de artrópodos constituyentes a la mesofauna del suelo.....	79
Cuadro 17. Índices de diversidad de la mesofauna del suelo por tratamiento .....	81
Cuadro 18. Análisis de varianza realizado para el número de nematodos en 100 g de suelo .....	84
Cuadro 19. Prueba de Scott & Knott para el número de nematodos en 100 g de suelo .....	84
Cuadro 20. Análisis de varianza efectuado en el número de familias de nematodos en los tratamientos evaluados .....	85
Cuadro 21. Abundancia relativa de familias y géneros de nematodos identificados en los tratamientos evaluados. ....	88
Cuadro 22. Índices de diversidad de la comunidad de nematodos del suelo .....	91

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 23. Composición química del producto de Terramix.....	109
Cuadro 24. Tratamientos evaluados .....	111
Cuadro 25. Resultados obtenidos de pH de los diferentes muestreos de 0-5 y 5-10 cms. ....	113
Cuadro 26. Clasificación taxonómica de la chinche salivosa .....	123
Cuadro 27. Niveles de daño foliar acumulado en caña de azúcar ( <i>Saccharum spp</i> ), por la chinche salivosa ( <i>Aeneolamia sp</i> ) .....	124
Cuadro 28. Descripción de los tratamientos evaluados para el control de chinche salivosa ( <i>Aeneolamia sp</i> ). ....	126
Cuadro 29. Resumen del análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de control (Insectos/tallos por metro lineal) .....	129
Cuadro 30. Resumen de análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de control de Adultos/tallos por metro lineal. ....	130
Cuadro 31. Resumen de análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de control de ninfas/tallos por metro lineal.....	131
Cuadro 32. Análisis de costos de los diferentes tratamientos evaluados .....	131



## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la ejecución del diagnóstico, investigación y servicios realizados, como parte del programa del Ejercicio Profesional Supervisado – EPS- realizado en el periodo de febrero a noviembre de 2014, en el Departamento de Agronomía del Ingenio Pantaleón, S.A.

El diagnóstico se enfocó en la función que desempeña el Departamento de Agronomía dentro del Ingenio Pantaleón, S.A., enfocándose en la situación actual, principalmente en la estructura organizacional, mostrando la función realizada por el jefe del departamento, coordinadores de cada proceso y auxiliares, que dio la oportunidad de realizar un análisis FODA. Entre las fortalezas del Departamento de Agronomía se encuentra la implementación de nuevas tecnologías para el proceso agrícola, que es parte fundamental para alcanzar las metas trazadas de la organización, por la fertilización al suelo, control de plagas, selección de variedades e investigación de nuevas metodologías para el cumplimiento de la productividad de cada zafra.

Luego se realizó una investigación que comprende el Capítulo II, referida a la evaluación del efecto de la aplicación de vinaza y cachaza sobre indicadores biológicos de la calidad de suelo en lotes de producción de caña de azúcar (*Saccharum spp*). Esta investigación se realizó por medio de un análisis de suelo en lotes aplicados con vinaza y cachaza, bajo dos sistemas de cosecha, iniciando en los meses de mayo a junio con el estudio de la mesofauna, posteriormente, los meses de julio y agosto con nematodos, consistiendo en un muestreo de suelo aleatorio en lotes seleccionados con ayuda de un barreno cilíndrico, obteniendo muestras por lote utilizando el extractor Berlese & Tugren, todo esto para realizar el análisis de laboratorio para la identificación de la mesofauna. En los meses de julio y agosto se realizó el muestreo de suelo para el análisis de nematodos con ayuda de un barreno helicoidal, obteniendo muestras compuestas por lote, utilizando el método de centrifugación para realizar la identificación de la especies de nematodos. El análisis de los indicadores biológicos (mesofauna y nematodos), sirvió para tener conocimiento del impacto de la vinaza y cachaza sobre las propiedades físicas del suelo.

El primer servicio fue analizar el efecto de los suelos ácidos en áreas con alto contenido de materia orgánica, la cual afecta el crecimiento de la caña de azúcar. Se evaluaron cuatro concentraciones de Terramix para la regulación del pH del suelo, en una mezcla de materias primas de alta pureza conteniendo Calcio, Magnesio y Azufre. Al aplicarlo como una enmienda reaccionó gradualmente en el suelo manteniendo un efecto prolongado, mejorando las propiedades físicas y químicas de los suelos.

Debido a que en la actualidad una de las principales plagas que afecta la producción de caña de azúcar es la chinche salivosa, ya que el daño ocurre en la etapa de adultos y ninfas, cuando introducen su aparato bucal picador en el tejido del xilema para succionar la sabia de la planta, se realizó el segundo servicio que consistió en la evaluación de los insecticidas K-paz 70 WG versus Actara 25 WG, para el control de chinche salivosa en finca El Florato, Zona Paso Antonio, región Este del Ingenio Pantaleón, evaluando diferentes dosis de K-paz 70 WG (0.21, 0.35, 0.50 y 0.60 kg por hectárea) comparado a una dosis de Actara 25 WG (0.60 kg por hectárea), para dar nuevas alternativas a la industria azucarera.



## **CAPÍTULO I**

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA DE LA CORPORACIÓN PANTALEÓN-CONCEPCIÓN, S.A. SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA.C.A.**



## 1.1 PRESENTACIÓN

La producción de azúcar es una actividad de impacto social, económico y ecológico en Guatemala. Las exportaciones de azúcar permiten el ingreso de divisas al país y el desarrollo agrícola, contribuyendo a la generación de empleos, siendo importante para la disminución de la tasa de desempleo.

La corporación Pantaleón-Concepción ubicada en la Finca Pantaleón; Siquinalá, Escuintla, en el kilómetro 86.5 de la carretera al Pacífico; es uno de los proveedores más importantes de caña de azúcar, así como la transformación de la caña, comercialización de alcoholes y energía eléctrica. Está dividido en 11 zonas para su fácil manejo y control, y está organizado por varios departamentos responsables de generar, aprobar e innovar nuevas metodologías en el manejo del cultivo.

La organización de cada departamento de Ingenio Pantaleón, se encontró formado de personal profesional, administrativo y operativo que cumple con diferentes funciones y obligaciones. El Departamento de Agronomía, es de importancia debido a que dentro de las funciones principales se encarga de la investigación, como de identificar y priorizar las oportunidades de mejoras (nuevas tecnologías) de los procesos agrícolas, para el incremento en la productividad de toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

El presente Informe de diagnóstico se realizó en el Departamento de Agronomía, llevando a cabo un análisis FODA con resultados de evaluar sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 General**

Describir la situación actual del Departamento de Agronomía de la Corporación Pantaleón-Concepción S.A.

### **1.2.2 Específicos**

1.2.2.1 Describir las actividades principales que realiza el área de investigación agrícola.

1.2.2.2 Analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del Departamento de Agronomía, Ingenio Pantaleón S.A. para determinar los problemas técnicos y administrativos.

## **1.3 METODOLOGÍA**

### **1.3.1 Detallar el sistema**

Se diagnosticó el sistema del Departamento de Agronomía, evaluando los principales factores que afectan la problemática utilizando fuentes primarias (entrevistas) y fuentes secundarias (internet), con el fin de extraer información de las actividades realizadas en el Departamento de Agronomía.

### **1.3.2 Identificación de los problemas**

La información recopilada en el Departamento de Agronomía, fue por medio de pláticas con las personas que laboran en diferentes áreas de los departamentos, así como la realización de visitas a campo.

### **1.3.3 Análisis FODA**

Se realizó el análisis FODA, para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del Departamento de Agronomía.

### **1.3.4 Tabulación de datos**

Los datos se tabularon, los cuales fueron obtenidos por medio de fuentes primarias (entrevistas), fuentes secundarias (internet) para la realización del análisis detallado.

### **1.3.5 Observación**

Se recopiló información sobre las actividades realizadas en el Departamento de Agronomía que sirvió para el diagnóstico en la validación de los problemas.

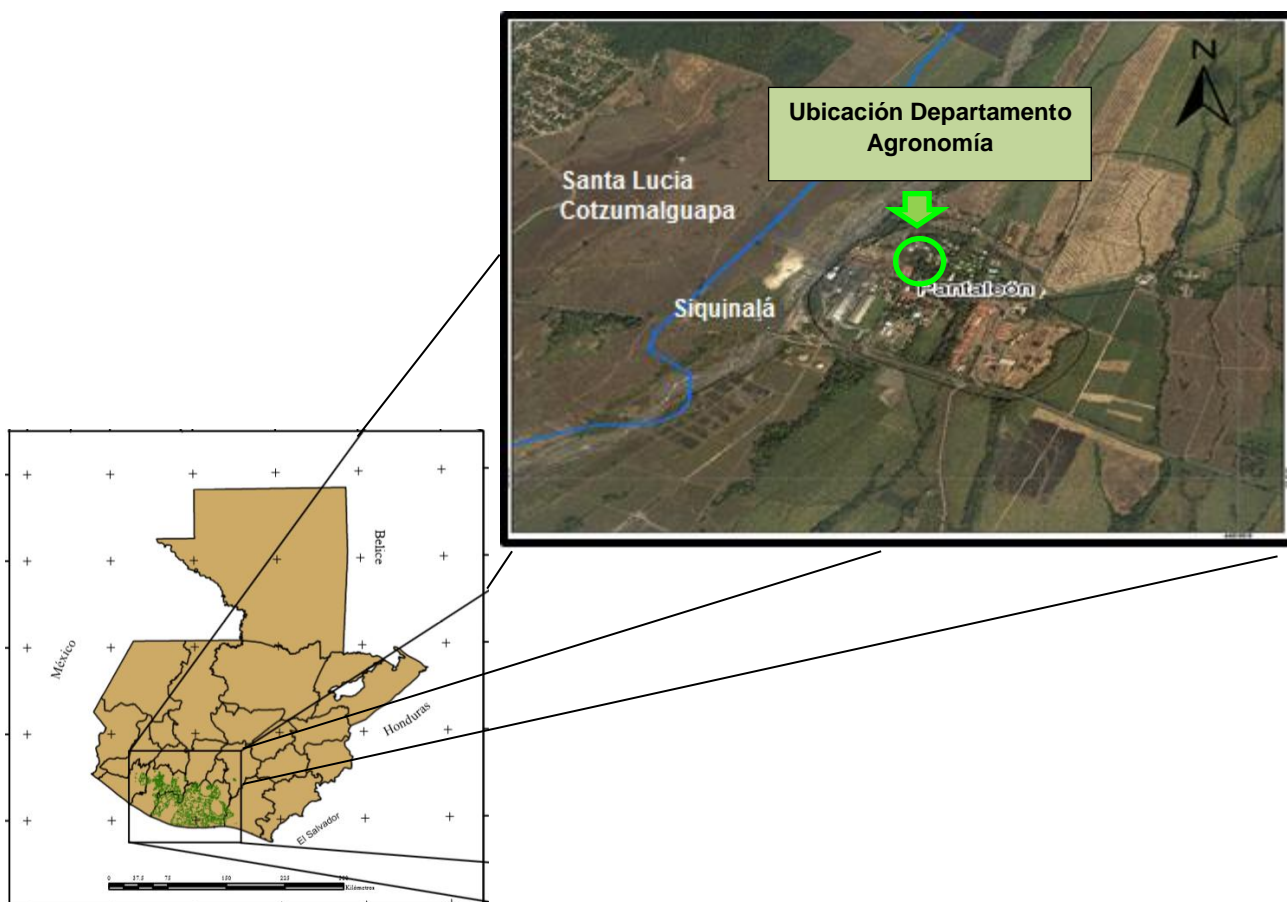
## 1.4 RESULTADOS

En el presente diagnóstico, se generó información de los Departamentos de Investigación Agrícola y de Agronomía, pertenecientes a la Corporación Pantaleón-Concepción.

### 1.4.1 Ubicación geográfica

El Departamento de Agronomía del Ingenio Pantaleón se encuentra ubicado en el km 86.5 ruta al pacífico, interior finca Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, a una latitud de  $14^{\circ}19'$ , longitud  $90^{\circ}59'$  y a una altura sobre el nivel del mar de 55 m, con una precipitación media anual entre los 2000 y 4000 mm, la temperatura media anual promedio de  $24^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa de 70%.

La zona de vida de la región corresponde al Bosque Húmedo tropical per húmeda siendo su principal actividad la producción de caña de azúcar.



**Figura 1. Ubicación del Departamento de Agronomía, Finca Pantaleón, Ingenio Pantaleón**



## **1.4.2 Datos de la Corporación Pantaleón-Concepción**

### **1.4.2.1 Ideología Central**

Valores centrales

- Integridad y honestidad
- Mejora y cambio permanente con visión de largo plazo
- Respeto por las personas relacionadas y compromiso por su éxito

### **1.4.2.2 Propósito de la empresa**

Promover el desarrollo transformando recursos naturales

### **1.4.2.3 Futuro Visionario de la empresa**

Largo: Llegar a ser una de las 10 organizaciones más importantes del mercado de endulzantes del mundo en el año 2030.

En 10 años ser una de las 5 organizaciones más importantes de Latinoamérica en el mercado de endulzantes (7).

### **1.4.2.4 Actividad de la empresa**

- Producir azúcar de calidad para el mercado nacional e internacional
- Durante tiempo de zafra generar energía eléctrica a partir del bagazo de la caña de azúcar, y durante el tiempo de no zafra comprar Bunker para generar energía eléctrica
- Producir melaza
- Producir Vinaza
- Producir alcohol

### **1.4.2.5 Servicios y prestaciones que proporciona a sus trabajadores**

Las prestaciones laborales que los departamentos proporcionan a sus trabajadores son:

#### A. Servicio Médico laboral

Atiende a los trabajadores que sufren de alguna enfermedad o han tenido algún accidente, así mismo se les proporciona un botiquín portátil, para que se utilice en casos de emergencia, además al personal se les instruye en como prestar primeros auxilios.

#### B. Servicio Médico Familiar

Atiende a toda la familia del trabajador por enfermedad común.

#### C. Servicio Odontológico

Dirigido a todo el personal y su familia, afectado por problemas dentales.

#### D. Servicio de Bus

Para transportar al personal residente en las Colonias Adelina, Vista Linda y Aldea San Judas, se hace en horarios establecidos en relación a los horarios de trabajo.

#### E. Servicio de club Social

Cuenta con club para la recreación, así mismo con piscinas, canchas de fútbol y servicio de restaurante a bajo costo.

#### F. Cooperativa

Una cooperativa de consumo en donde existe variedad de productos a precios cómodos para los trabajadores y su familia.

#### G. Servicio de Banco y Cajero Automático

Dirigido a todo el personal de campo y fábrica que conforman la Corporación Pantaleón-Concepción para tramitar cobros.

#### H. Educación

Está dirigido a los hijos de los trabajadores con educación Preprimaria, Primaria, Básico y Bachillerato por madurez.

#### **1.4.2.6 Otros**

Todo lo establecido en las leyes del país, vacaciones, aguinaldo, bono 14 e indemnización por accidentes.

#### **1.4.3 Localización de la Empresa**

La Empresa se encuentra ubicado en la finca Pantaleón en el kilómetro 86.5 de la carretera al pacífico, en el municipio de Siquinalá, del departamento de Escuintla. Las oficinas se localizan en la misma finca.

En cuanto a extensión territorial, cuenta aproximadamente con más de 52,000 hectáreas ubicadas dentro de las administraciones que le corresponde la Corporación Pantaleón-Concepción.

#### **1.4.4 Vías de acceso**

Los departamentos se ubican dentro del Ingenio Pantaleón, se comunica a los municipios de Siquinalá a 4 kilómetros y a Santa Lucia Cotzumalguapa a 2 kilómetros mediante la carretera al pacífico. Existe una red de calles empedradas, de asfalto y terracería, que funcionan para la circulación de vehículos dentro del Ingenio Pantaleón.

Existen calles de terracería amplias para la comunicación vial en las fincas anexas, así como caminos y rondas para el acceso a los distintos cañales donde se realizan todas las actividades que le corresponde al departamento.

### **1.4.5 Recursos naturales**

#### **1.4.5.1 Recursos hídricos**

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

#### **1.4.6 Datos Generales**

El Departamento de Agronomía, está a cargo del manejo agronómico, como aplicaciones de madurantes, herbicidas, fungicidas, insecticidas o cualquier otro producto que el cultivo lo requiera, como por ejemplo el manejo y control de plagas, manejo y control de malezas, inhibidores de floración y programas de fertilización.

#### **1.4.7 Misión**

Ser el departamento de transferencia de tecnología para el manejo del cultivo de la caña de azúcar, a través de un mejor manejo y control en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

#### **1.4.8 Responsabilidades**

- Asistencia técnica a las administraciones en plagas, control de malezas, madurantes, fertilización y otras prácticas agronómicas como aplicación de sulfato, e inhibidores de floración.
- Promover el uso de nuevas técnicas en el manejo del cultivo
- Administrar inventarios de agroquímicos del área agrícola
- Administrar los recursos asignados y el presupuesto del departamento

#### **1.4.9 Metas y Objetivos**

- Proveer de recursos respecto al control de plagas y malezas.
- Lograr cubrir los cuatro estratos altitudinales que conforman la zona cañera de la organización Pantaleón-Concepción
- Desarrollar el 100% de las actividades programadas durante cada una de las zafras.

- Abarcar el 100% de área designada para el manejo y control del cultivo de la caña de azúcar.
- Dar seguimiento a los ensayos establecidos por medio de muestreos y monitoreo.

#### **1.4.10 Estructura del departamento**

Se encontró con personal humano capacitado para operar y supervisar las actividades que tienen a su cargo, en cuanto al recurso físico esta área es encargada de realizar actividades de fertilización, control de plagas, laboratorio biológico, semilleros y variedades a nivel semi-comercial y comercial. Aproximadamente distribuidos en todas las administraciones de la corporación Pantaleón – Concepción.

#### **1.4.11 Jefe del Departamento**

Tiene las funciones de programar, coordinar supervisar, ejecutar y evaluar todos los trabajos que se realicen en el departamento. Velar por el correcto cumplimiento de las normas administrativas establecidas por la empresa y el cumplimiento de todas las funciones del personal a su cargo.

### 1.4.12 Estructura Organizacional

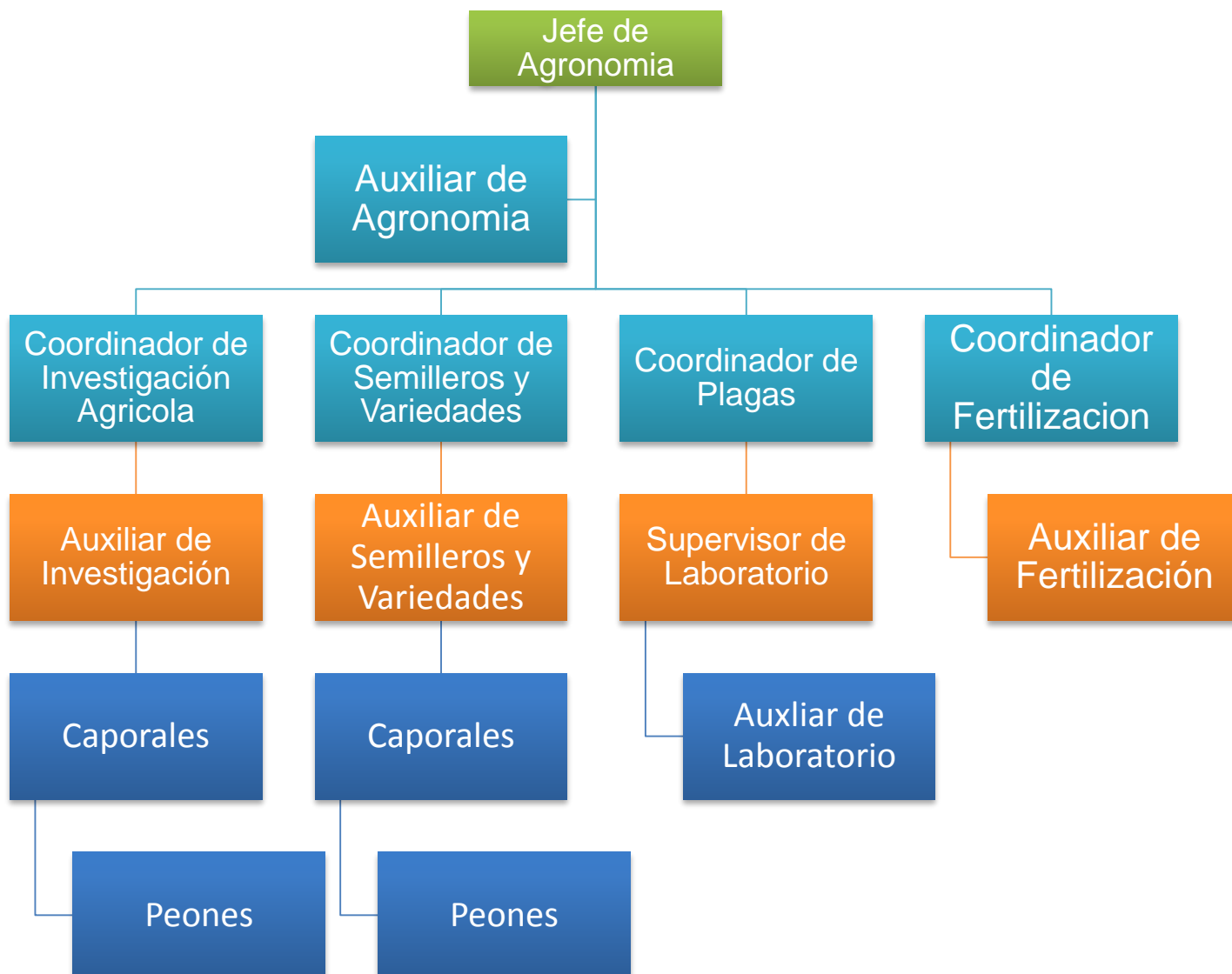


Figura 2. Organigrama del Departamento de Agronomía

#### **1.4.13 Coordinador de semilleros y variedades**

Coordinar, ejecutar y supervisar el manejo de semilleros semi-comerciales y comerciales para el cumplimiento de requerimiento de semilla para las renovaciones de las zonas de producción.

#### **1.4.14 Coordinador de investigación agrícola**

Coordinar, ejecutar, supervisar y reportar todas las labores de investigación. Programar y requerir el personal necesario para las labores agrícolas y ejecutar labores que contribuyan con el buen desarrollo del departamento. Velar por el correcto cumplimiento de todas las funciones del personal a su cargo.

#### **1.4.15 Área de Investigación Agrícola**

##### **1.4.15.1 Datos generales**

El Área de Investigación Agrícola es el responsable de identificar y priorizar las oportunidades de mejoras de los procesos agrícolas para su implementación comercial que ayuden a aumentar la productividad.

##### **1.4.15.2 Misión**

Desarrollar nuevas tecnologías para proveer y solucionar problemas que afecten la productividad así mismo proporcionar alternativas que incrementen la productividad; logrando maximizar la rentabilidad de la corporación Pantaleón-Concepción.

##### **1.4.15.3 Responsabilidades**

Las responsabilidades delegadas al departamento son las siguientes:

- Establecimiento de ensayos sobre nuevas prácticas agrícolas.
- Desarrollo de ensayos de fertilización.
- Desarrollo de nuevas tecnologías en conjunto con Cengicaña.

##### **1.4.15.4 Metas y Objetivos**

Sus metas y objetivos están basados en las responsabilidades de cada área de trabajo:

- Evaluación de las fórmulas de fertilizante aplicado durante la zafra 13-14
- Resultados de aplicaciones foliares como practica agronómica
- Propuesta de variedades promisorias
- Establecimiento de ensayos de nuevos madurantes no herbicidas
- Completar estudio de suelos, infiltraciones y calicatas por unidades de manejo

#### **1.4.15.5 Actividades**

Las actividades están establecidas en general para el departamento:

- Investigación agrícola (nuevas técnicas y ayuda a programas de fertilización).
- Toma de registros meteorológicos en estación tipo B, Mangalito.
- Producción de hongos entomopatógenos para el control biológico.
- Producción de semillas vegetativas de alta calidad mediante tratamiento térmico.
- Evaluaciones de variedades de alto rendimiento en Producción de azúcar.
- Evaluación aprovechamiento de sub-productos agroindustriales (vinaza, cachaza y otros)
- Evaluación de nuevas metodologías de riego para el mejor manejo de agua.
- Evaluación de distintos agroquímicos para evaluación de su eficiencia.

#### **1.4.15.6 Caporales**

Es el encargado de distribuir las labores en campo, supervisar el trabajo realizado por el personal a su cargo, elaborar los reportes requeridos, velar porque el personal a su cargo cumpla con los horarios de trabajo que se establezcan, llevar registros de labores realizadas.

#### **1.4.15.7 Recursos que posee el Área de Investigación Agrícola**

Inmobiliario y equipo

- 3 computadoras
- 1 Vehículo
- 2 Motocicletas
- 1 Auto bus



#### **1.4.16 Principales deficiencias encontradas**

- Deficiente apoyo de otros departamentos
- Poca comunicación entre el área de producción y el departamento de investigación para la realización de ensayos.
- Falta de transporte
- Deterioro del equipo de oficina

##### **1.4.16.1 Falta de equipo necesario**

Según lo observado en el Departamento de Investigación, se determinó que un factor limitante es la falta de un equipo técnico actualizado para un correcto desempeño de labores, lo cual repercute en el buen desempeño de las labores respectivas, tal es el caso que el Departamento de Investigación tiene limitaciones respecto a equipo de oficina (computador) ya que los existentes se encuentran en estado de deterioro. De tal manera que, al momento de realizar las labores se tienen problemas, lo que conlleva al incumplimiento de realización de planos o digitación de lecturas.

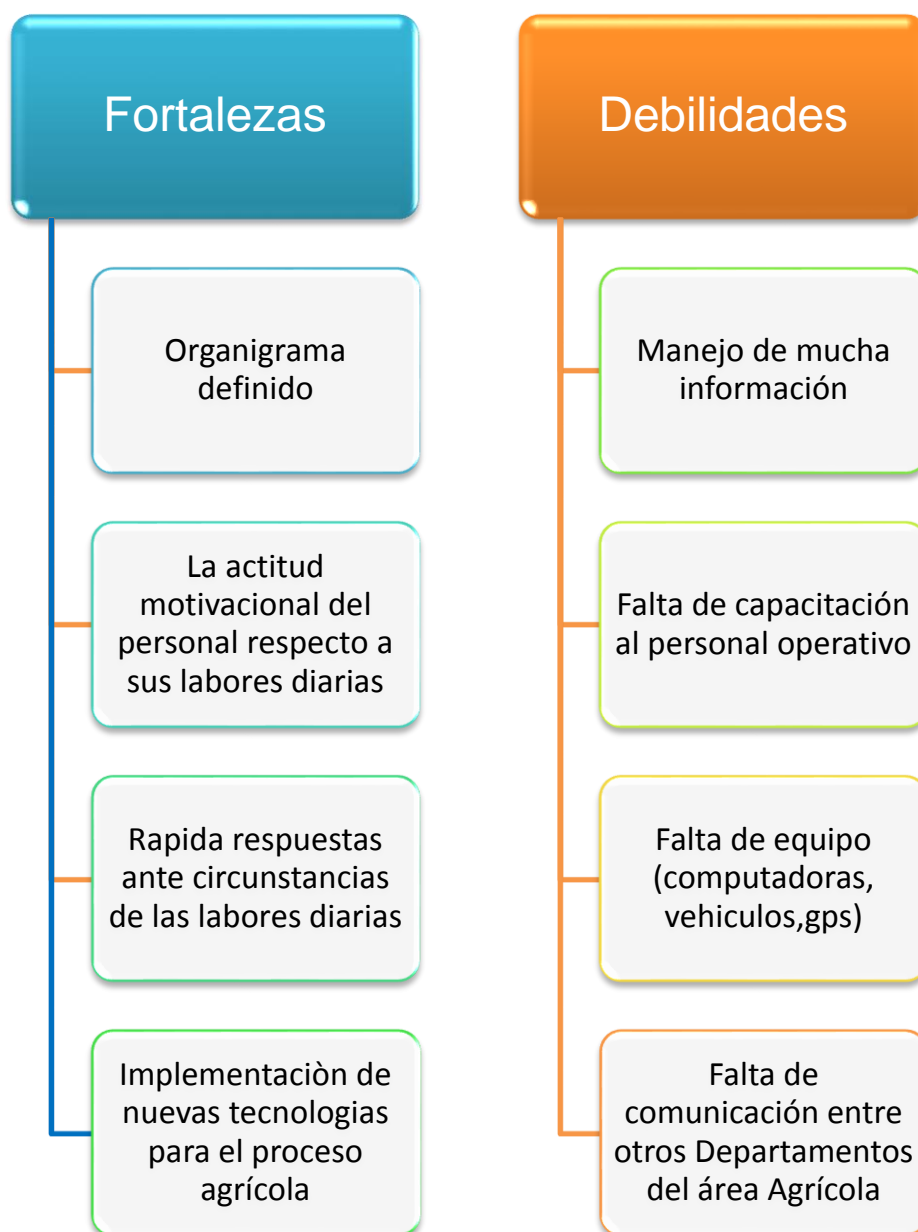
##### **1.4.16.2 Deficiente apoyo de otros departamentos**

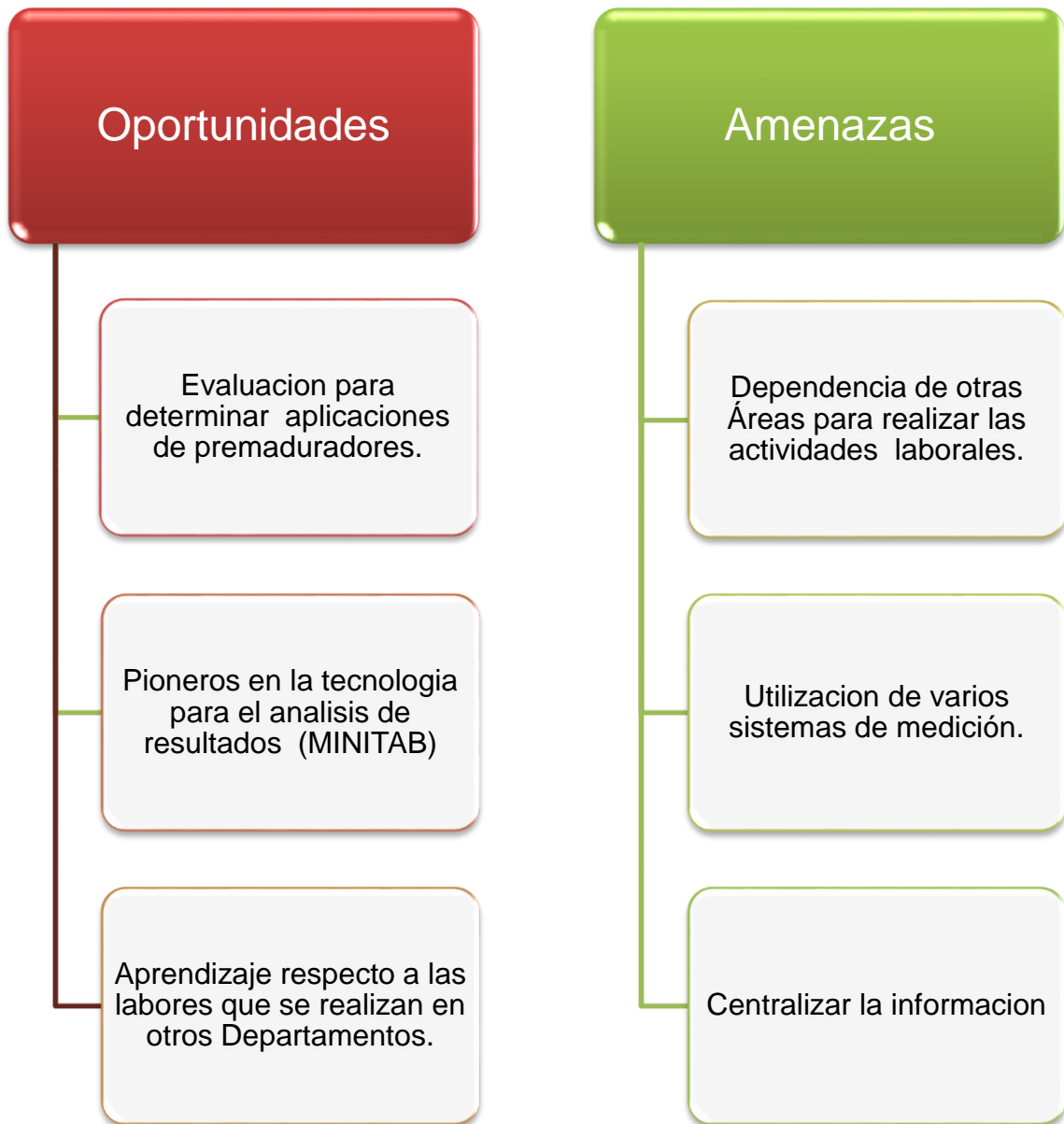
El Departamento de Investigación Agrícola es el equipo de trabajo que se relaciona con más personal de distintos departamentos y de producción agrícola por el tipo de coordinación que debe realizar, de tal manera que en muchos casos estos departamentos no apoyan de una manera proactiva, lo cual ocasiona problemas en las ejecuciones de los proyectos de nuevas tecnologías.

##### **1.4.16.3 Poca comunicación entre departamentos dentro y fuera de Investigación Agrícola**

Una virtud muy importante para trabajar en equipo es la comunicación, la cual se observó que es limitante fuera del departamento, esto genera pérdida de tiempo en el desarrollo de actividades y problemas de coordinación, ocasionando la mayoría de las veces atrasos significativos en la implementación de los ensayos en campo.

### 1.4.17 Resultados del ANALISIS FODA general de departamento de Agronomía





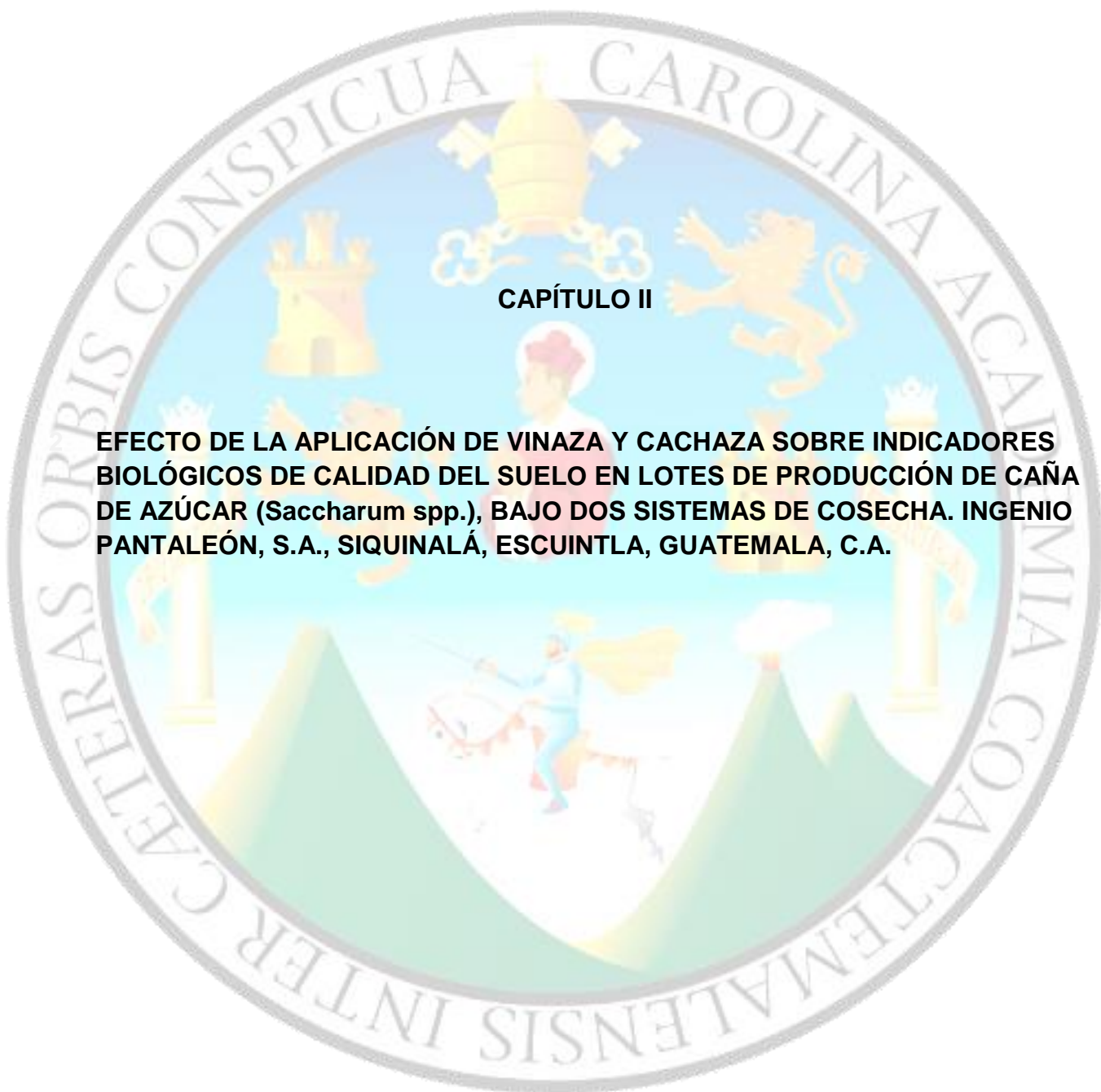
## 1.5 CONCLUSIONES

- 1.5.1 Con la ayuda del personal administrativo y técnico se logró realizar el diagnóstico del Departamento de Agronomía, donde se recopiló la información necesaria para conocer los recursos y las deficiencias que posee el área de Investigación Agrícola con lo cual se logró el enfoque de las problemáticas encontradas como los son: centralización de la información, utilización de varios sistemas de medición y dependencia de otras áreas para realizar los ensayos a lo cual se busca dar solución a estas problemáticas.
- 1.5.2 La estructura del Departamento Agronomía se encuentra bajo cargos de diferentes rangos los cuales producen las respectivas responsabilidades para el jefe de cada área siendo estas áreas: investigación agrícola, semilleros y variedades, control de plagas, fertilización líquida y laboratorio biológico.
- 1.5.3 En el análisis FODA se plasmaron las fortalezas del Departamento de Agronomía las cuales al tener un organigrama definido ayuda a que el manejo de la información sea ordenada y rápida, así mismo la falta de capacitación del personal puede ser contrarrestada por la actitud del personal al aprender en condiciones adversas.
- 1.5.4 El Departamento de Agronomía se encontraron amenazas, las cuales está la centralización de la información lo cual utilizando herramientas tecnológicas los análisis de resultado son rápidos y los datos obtenidos son confiables. Así mismo la utilización de varios sistemas de medición se contrarresta con el manejo y rápido aprendizaje de los trabajadores.

## 1.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Balaná, W. 2014. Descripción de las actividades de semilleros básicos y variedades en el Ingenio Pantaleón (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón.
2. Chique, V. 2014. Descripción de las actividades del Área de Investigación Agrícola, Departamento de Agronomía, Ingenio Pantaleón (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón.
3. Gómez, B. 2014. Descripción de las actividades del Departamento de Agronomía del Ingenio Pantaleón (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón.
4. Javier, A. 2014. Organización de la Corporación Pantaleón-Concepción, S.A. (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón.





## **CAPÍTULO II**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE VINAZA Y CACHAZA SOBRE INDICADORES BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL SUELO EN LOTES DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.), BAJO DOS SISTEMAS DE COSECHA. INGENIO PANTALEÓN, S.A., SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**





## 2.1 PRESENTACIÓN

La caña de azúcar es un cultivo que tiene un papel importante en la economía nacional por ser la azúcar un producto de exportación y de consumo interno.

Una de las principales actividades en el cultivo de caña de azúcar, lo constituye los sistemas de cosecha manual y mecanizado, así también la aplicación de vinaza y cachaza, como práctica para mejora las condiciones del suelo y aumentar la productividad. Una parte de la caña producida se destina a la producción de bio-etanol, proceso en el cual se genera la vinaza como subproducto. Ésta ha sido utilizada positivamente como fuente de nutrientes para el cultivo de caña de azúcar, siendo un líquido de color pardo oscuro, con un pH promedio de 5.8, constituido principalmente por agua, riqueza de elementos como nitrógeno, calcio, azufre, magnesio, sodio, cloruro, fósforo, materia orgánica y normalmente rica en potasio. La aplicación de vinaza es uno de los componentes de manejo nutricional de la caña que han contribuido al aumento de la productividad. Aplicada al suelo, la vinaza se convierte en un fertilizante que disminuye su potencial contaminante, aportando nutrientes requeridos por el cultivo y minimizando los costos de producción.

En Guatemala, han sido realizados estudios que han permitido conocer el efecto de las aplicaciones de vinaza sobre el rendimiento de caña y sobre cambios químicos en el suelo, particularmente relacionados al balance de potasio (Pérez, 2011).

El vertiginoso crecimiento del área de caña de azúcar, ha conllevado a implementar cambios en los sistemas de cosecha, pasando del sistema tradicional de la quema y corte manual al sistema mecanizado con el material vegetativo en verde, generando un cambio en las propiedades del suelo, muchas de las cuales están relacionadas con su calidad, fertilidad y sustentabilidad de la producción.

En los últimos años ha existido una preocupación por la conservación del ambiente incluyendo el suelo, debido a que se busca su sustentabilidad. Razón por la cual es

necesario evaluar si las prácticas agrícolas de mecanización y manejo del suelo son las más convenientes no solo para garantizar la productividad así también que se mantengan las propiedades del suelo.

Tanto las aplicaciones de vinaza y cachaza como los cambios a la cosecha en verde, promueven un efecto sobre el estado de la materia orgánica del suelo y en consecuencia, ejercen una influencia directa sobre las poblaciones y comunidades microbianas del suelo, desconociéndose si tal influencia promueve resultados positivos o negativos, al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo en el corto o largo plazo (Alfaro, 2015).

Bajo la influencia de los factores ambientales o propios del cultivo, los grupos tróficos de nematodos así también los géneros pueden ser estimulados para alcanzar niveles cercanos que tendrían un impacto dañino al cultivo de caña de azúcar.

En el presente Informe de investigación se realizó un estudio en diversos lotes de producción de caña de azúcar del Ingenio Pantaleón, para conocer los efectos de las aplicaciones de vinaza y cachaza, así como, el manejo de los sistemas de cosecha en verde y quemado sobre la presencia de organismos del suelo (mesofauna y nematodos), como indicadores de la calidad del suelo. Para ello se tomaron muestras de suelo para la determinación de las poblaciones y diversidad de estos indicadores, pretendiendo con ello, conocer el impacto positivo o negativo de las actuales prácticas de manejo en el cultivo de caña de azúcar sobre la calidad del suelo.

## **2.2 MARCO TEORICO**

### **2.2.1 Marco Conceptual**

#### **2.2.1.1 Generalidades de la caña de azúcar**

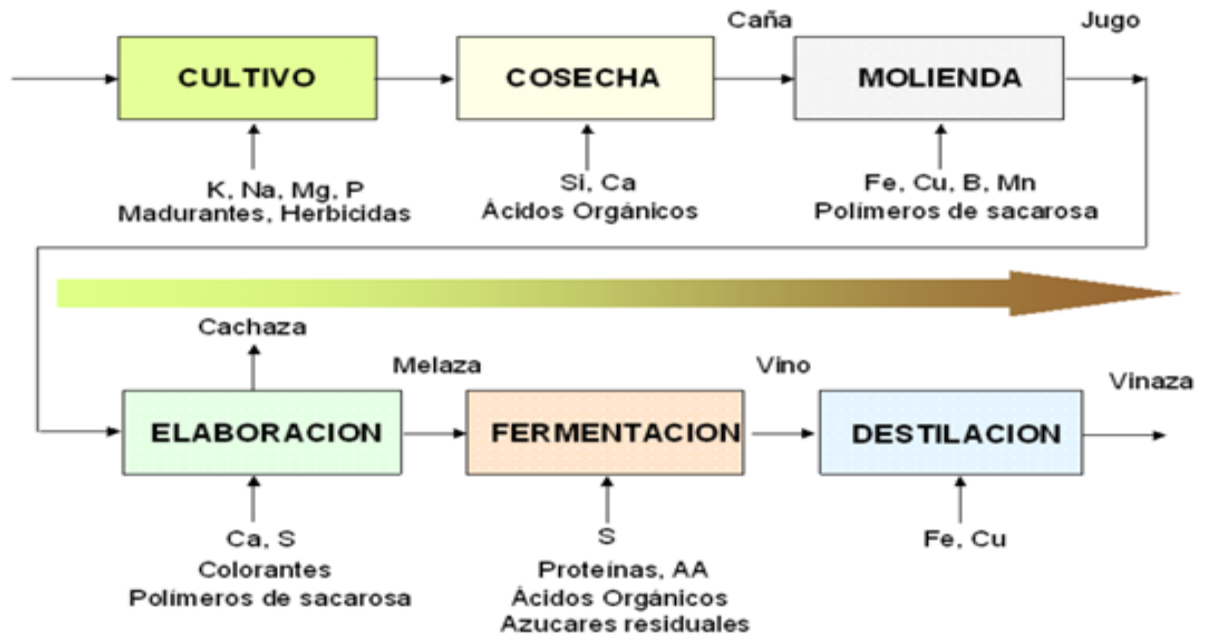
La caña de azúcar es un cultivo de grandes potencialidades por su producción de biomasa y su contenido azucarero, ya que tiene muy evolucionado sus mecanismos fisiológicos favorecidos por ser una planta de ciclo del carbono C4, lo que la sitúa en una posición muy ventajosa en competencia con otros cultivos agrícolas, ya que son mejores captadoras de carbono aprovechándolo para su rápido crecimiento. Es un cultivo duradero según variedad y condiciones locales la planta forma entre 4 y 12 tallos que pueden crecer hasta 3-5 m de altura. El contenido de azúcar (sacarosa) oscila entre 11 y 16 %. (AN, 2000).

#### **2.2.1.2 Generalidades de vinaza**

El empleo de la vinaza como fertilizante se convirtió en un importante factor económico, principalmente para la agroindustria del azúcar y el alcohol. Los resultados positivos en aumento de la producción de caña de azúcar ampliaron su uso generalizado para la caña en primer corte y soca. Con la aplicación de este subproducto se han observado aumentos de productividad y sostenibilidad de las socas (Cenicaña, 1995). Además, tiene otras características benéficas como su alto contenido de potasio y elementos químicos como nitrógeno, calcio y otros elementos químicos que son utilizados como fuente de nutrientes en el cultivo de caña de azúcar y reemplazar los fertilizantes químicos, además, es una enmienda en la recuperación de suelos salinos o sódicos (García *et al.*, 2007, Quintero, 2004). La vinaza está compuesta además por elementos pesados como el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn) (Gnecco, 2007), que al ser aportados al suelo en grandes cantidades pueden llegar a ser fuentes de contaminación del suelo y agua.

En la actualidad, la vinaza es mezclada con otros fertilizantes y utilizada como reemplazo de las fuentes minerales de potasio principalmente, en la fertilización del cultivo de caña de azúcar. Las dosis de aplicación son variables (Cadena *et al* 2007, Quintero, 2004,

Gómez, 2007) y se preparan de acuerdo a las necesidades de cada tipo de suelo, variedad de caña y a la concentración de la vinaza con que se disponga.



Fuente: Gnecco, 2007

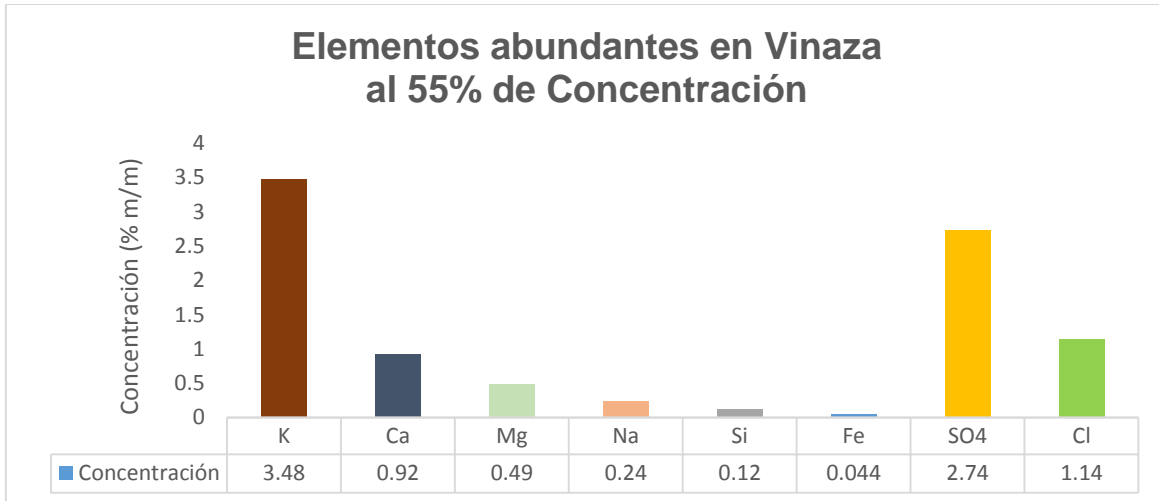
**Figura 3. Diagrama del proceso de la obtención de la Vinaza**

#### A. Características químicas de la vinaza

Las propiedades químicas y la densidad varían de acuerdo con el material usado para obtener el mosto; cuando se elabora a partir de la melaza, se generan vinazas de mayores contenidos de materia orgánica y de elementos mayores y menores que cuando procede del jugo de caña (Gloria y Orlando, 1983 citado por Quintero, 2004). Presenta un pH bajo y varía entre 3.5 a 5.2 (Gnecco 2007, Rossi 2007).

#### B. Contenido de nutrientes

Los componentes minerales clasificados como abundantes y escasos en la vinaza con un 55% de concentración son mostrados por Gnecco, 2007 en la gráfica mostrada a continuación:

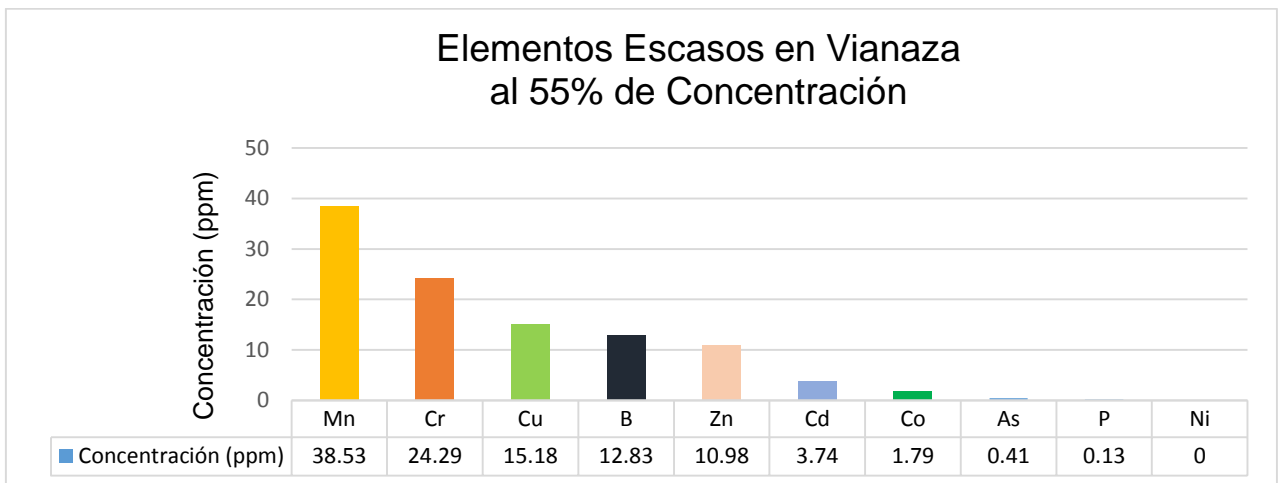


Fuente: Gnecco, 2007

**Figura 4. Elementos abundantes en Vinaza**

Los elementos mayores encontrados en la vinaza son el potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg), sodio (Na), Silicio (Si), Hierro (Fe), Sulfatos (SO<sub>4</sub>) y Cloruros (Cl). Siendo de mayor proporción el Potasio y Sulfatos.

Los elementos escasos que se muestran en la figura 5, son clasificados de mayor a menor concentración (ppm) de acuerdo con Gnecco, (2007), son: Manganeso (Mn), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Boro (B), Zinc (Zn), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Arsénico (As) y Fosforo (P).



Fuente: Gnecco, 2007

**Figura 5. Elementos escasos en vinaza**

### **2.2.1.3 Caracterización de la vinaza**

La vinaza es un subproducto líquido de color marrón oscuro obtenido de la destilación del alcohol para diferentes usos como carburante, bebidas alcohólicas y farmacéuticas. Es de olor fuerte y bastante oxidante. Las fuentes de materia prima con que se pueden producir vinaza pura caña de azúcar. (Alfaro, 1996).

También se caracteriza por la concentración de sólidos totales que contenga vinaza diluida 8 a 10% de sólidos totales, vinaza semiconcentrada del 20% a 30% de sólidos totales, vinaza concentrada del 55% a 60% de sólidos totales y vinaza sólida 99 a 99.9% de sólidos totales (Gnecco, 2006).

### **2.2.1.4 Uso de vinaza**

El uso y la aplicación de vinaza en el suelo dependen de:

- Nivel de fertilidad que aumenta la producción.
- Contenido de K disponible en el suelo
- Textura del suelo
- Sistema de fertirrigación utilizado

### **2.2.1.5 Efecto de la vinaza en los organismos del suelo**

La vinaza es rica en materia orgánica, en algunos casos hasta 17 kg m<sup>3</sup> (Hernández *et al.*, 2008) lo que es suficiente para que los microorganismos edáficos se desarrollen y mineralicen dichos compuestos (Julca *et al.*, 2006). Por ejemplo, después de aplicar vinaza, la cantidad de CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> puede presentarse hasta 683.6 mg lo que supera notablemente el flujo de CO<sub>2</sub> cuando el suelo es regado con agua (368.5 mg). La diferencia en flujo de CO<sub>2</sub> se debe a la degradación rápida de la materia orgánica contenida en la vinaza mediante los microorganismos del suelo.

### **2.2.1.6 Efecto de la vinaza en las características físicas del suelo**

Por lo que se refiere a la vinaza, Goncalves *et al.* (2013) al aplicar 200 m<sup>3</sup> de vinaza, no encontró diferencias significativas en la densidad aparente de suelo a diferentes profundidades. Sin embargo, es probable que los cambios sobre algunas propiedades físicas del suelo se observen a largo plazo.

### **2.2.1.7 Efecto de la vinaza en las propiedades químicas del suelo**

Por lo que se refiere a los efectos de la vinaza, la obtenida a partir de melaza, aporta el doble de nutrimentos que la obtenida directamente de jugo de caña de azúcar, aunque estas tienen un bajo contenido de P y nitrógeno (N), al irrigar con vinazas y agregar un complemento 60 kg/ha de N estas aumentan el nivel de potasio (K), fierro (Fe) y P (Subirós y Molina, 1992), así como el pH (Bautista *et al.*, 2000). Sin embargo, la aplicación de vinaza recién salida de la destilería a suelos acrisoles y fluvisoles constituye un riesgo de salinización y de contaminación por zinc (Zn) y manganeso (Mn), así como una pérdida ligera de cristalinidad de la hallosyta (Bautista *et al.*, 2000).

Debido a su gran contenido de materia orgánica y elevada flora microbiológica, la vinaza presenta elevado índice de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), siendo considerado un material contaminante cuando es descartado en fuentes de agua. Sin embargo, cuando aplicada al suelo, disminuye su potencial contaminante, debido al poder buffer del suelo. Las vinazas poseen un DBO entre 7,000 a 30,000 mg/litro (Gnecco 2007, Becerra *et al* 2006).

### **2.2.1.8 Generalidades de la Cachaza**

El abono orgánico es un compuesto producido con materiales de origen animal o vegetal, el cual tiene como finalidad suministrar nutrientes a las plantas (Salgado *et al.*, 2006). Es así, que la cachaza residuo de la agroindustria azucarera, por su composición mayormente orgánica ha sido utilizada como enmiendas en los campos cañeros.

### **2.2.1.9 Características de la cachaza**

Para corregir la falta de nutrimentos en el suelo se utilizan normalmente fertilizantes. Sin embargo, algunos fertilizantes nitrogenados causan acidez (sulfato de amonio) en el suelo y contaminación del agua por nitratos y nitritos (Galaviz *et al.*, 2010). Otra opción es el uso de abonos de origen animal y vegetal, los cuales permiten el aporte de materia orgánica, que actúa como un depósito de nutrimentos que se suministran en forma lenta y regular a las plantas en crecimiento (Salgado *et al.*, 2006). La cachaza es un residuo de la industria azucarera que se forma a partir de los lodos formados por las impurezas, ceras, hidrocarburos y azúcares que aporta la caña (Hernández *et al.*, 2008)

#### **2.2.1.10 Efecto de la cachaza sobre las características físicas del suelo**

Cuando se compostea la cachaza en fresco y se aplica al suelo, esta beneficia su estructura y aireación y promueve el desarrollo de raíces y la penetración del agua en su interior (Elsayed *et al.*, 2007). Este material al ser aplicado en el campo disminuye la compactación causada por la maquinaria que se utiliza al momento de la cosecha. Así, Sánchez *et al.* (2005) determinaron que la aportación de vermicomposta derivada de cachaza y estiércol de bovino disminuyó la densidad aparente del suelo, fomentó la formación de agregados estables en agua y promovió una estructura granulada y menos compacta del suelo. Cuando el suelo dispone de material orgánico en forma de cachaza, éste aumenta su capacidad de almacenaje de agua (Romero *et al.*, 2002).

#### **2.2.1.11 Efecto sobre las características químicas del suelo**

Después de un año de aplicar cachaza, la cantidad de fósforo (P) y materia orgánica en el suelo se incrementa. Sin embargo, es necesario llevar a cabo estudios a largo plazo para determinar el beneficio real de este subproducto (Hernández *et al.*, 2008). La mezcla de cachaza y bagazo de caña con 90 días de compostaje presenta una relación carbono-nitrógeno (C/N) estable, así como una baja cantidad de nitrógeno amoniacal (NH<sub>4</sub>), lo cual permite que exista una cantidad de nitratos disponibles para la planta (Meunchang *et al.*, (2005). Los efectos favorables para el suelo también fueron reportados por Elsayed *et al.* (2007) quienes indicaron que la aplicación de cachaza estimula el aumento de las reservas de materia orgánica del suelo, el carbono orgánico, el nitrógeno total y la cantidad de fósforo.

#### **2.2.1.12 Efecto sobre las características biológicas del suelo**

El compost de cachaza presenta 59.8% de materia orgánica (Hernández *et al.*, 2008), que es el alimento de una multitud de microorganismos y favorece procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Julca *et al.*, 2006). Algunos efectos después de aplicar cachaza son que favorece el número y longitud de las raíces de la caña de azúcar, el área de exploración de la raíz, diámetro del tallo y la absorción de nitrógeno y potasio (Villanueva *et al.* 1998). Asimismo, Tenorio *et al.* (2000) encontraron tasas de mineralización alta con



dosis de cachaza (10 y 20 t/ha). En ninguno de los casos anteriores se inhibió la actividad biológica al añadir las enmiendas directamente sin previo compostaje.

### **2.2.1.13 Quema de la caña**

La quema de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) previa al corte se ha generalizado en Guatemala. Esta práctica está teniendo graves consecuencias tanto ambientales como para la salud. Desde el punto de vista medio ambiental, esta actividad provoca la pérdida de nitrógeno en la tierra, disminuyendo la población de microorganismos y el material orgánico del suelo (Morales, 2011).

En lo que respecta a la contaminación atmosférica, Chen (1991) menciona que la quema de la caña de azúcar antes y después de la cosecha, se encuentra junto a otros factores como causa del deterioro de la calidad del aire. La adopción de la quema antes de la cosecha para facilitar este trabajo y de la requema de los residuos para facilitar las labores pos cosecha, generan un impacto ambiental negativo sobre todo en las poblaciones asentadas alrededor de las áreas de cultivo de la caña de azúcar (Morales, Trujillo. 2011).

#### **A. Efectos de la quema de caña en el suelo**

Según Alvarado (2007) el efecto de la práctica de quema destruye la superficie donde se encuentra la lombriz de tierra, la que es beneficiosa pues ventila la tierra facilitando la penetración del agua evitando inundaciones, este hecho puede ser de un impacto negativo para los campos ya que la lombriz de tierra juega un papel muy importante en la preservación de la tierra en la que se va a cultivar la caña de azúcar.

La quema de la caña es una práctica que implica una gran desestabilidad para la flora y la fauna teniendo en cuenta que existen ciclos de vida que se ven interrumpidos por la quema de caña poniendo en peligro las propiedades del suelo (Alvarado N. 2007).

Dentro de los elementos más afectados se encuentra el suelo por la pérdida de fertilidad, ya que la quema hace que se pierda materia orgánica lo que provoca su esterilización. Además se promueve su erosión debido a que el fuego al eliminar la materia extraña acaba con la cubierta vegetal, provocando la erosión (Alvarado N. 2007).

## **B. Consecuencias de la quema**

La quema de la caña tiene incidencias sobre el medio ambiente, el cultivo permanente va esterilizando la tierra y se producen miles de toneladas de gas carbónico que aumentan los altos niveles de contaminación por las emisiones de compuestos orgánicos:

- La quema alcanza entre 600 y 735°C esterilizando la población microbiana del suelo, (organismos formadores del suelo y fijadores de nutrientes básicos) inhibiendo la formación de materia orgánica disminuyendo fertilidad de los suelos (Alvarado, 2007).
- Se altera el microclima, la humedad, la evapotranspiración y hasta las lluvias de la región (Alvarado, 2007).
- Contaminación del aire aumentando los índices de emisiones de gases a la atmósfera provocando efecto invernadero, pero no tan sólo el aire es afectado a la hora de la quema de la caña si no también el suelo (Alvarado, 2007).

## **C. Beneficios de la quema**

La quema de caña que se realiza antes de la cosecha, tiene como objetivo principal eliminar el follaje seco, basura, y, en general, materia extraña, para facilitar el corte y aumentar la eficiencia de la labor:

- Aumentan la fuerza de corte (Alvarado N, 2007).
- Disminuye los costos de transporte por la evaporación del agua y las materias extrañas, las cuales sirven como esponjas durante la molienda capturando el jugo extraído a la caña mermando la eficiencia en la producción (Alvarado, 2007).
- Facilita el proceso de producción ya que se trabaja un material pre-cocido (Alvarado, 2007).

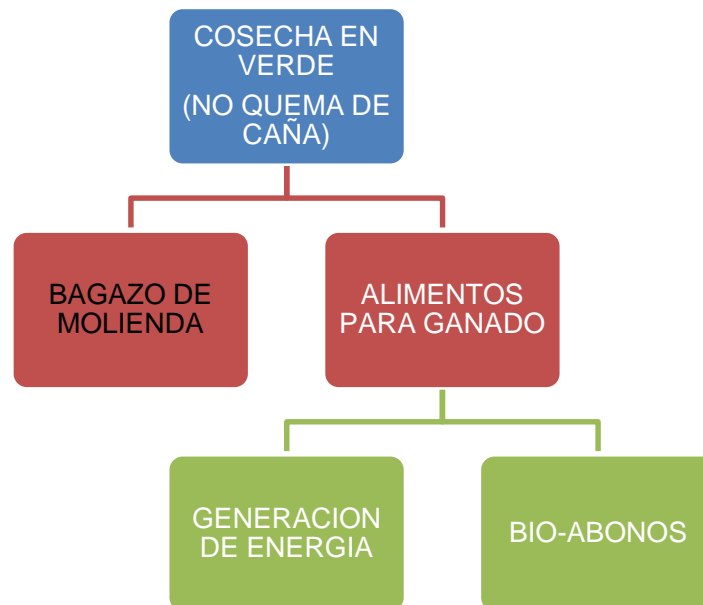
### 2.2.1.14 Cosecha en verde

Una de las prácticas para hacer más eficiente la producción de caña es la cosecha mecanizada en verde en la cual se evita el quemado de la caña (Torres, 2006).

Al cosechar la caña en verde y evitar la combustión en los campos cañeros se ahorra agua, energía eléctrica y combustible, se reduce el impacto sobre la contaminación del agua y se protege el ambiente, a la flora y la fauna del agro sistema cañero (Torres, 2006).

Esta práctica permite la incorporación de materia orgánica al suelo incrementando el contenido de carbono, aumenta su fertilidad y promueve que con el tiempo se disminuya la dosis de fertilizante aplicado, además de ayudar a conservar mayor contenido de humedad en el suelo. La cosecha mecanizada de caña de azúcar representa una ventana de oportunidad tecnológica que no sólo reduce costos y hace más eficiente la operación de cosecha y entrega de caña al ingenio, sino que minimiza los impactos negativos al medio ambiente (Torres, 2006).

En la figura 6 se muestra el uso de los subproductos de la cosecha en verde de la caña de azúcar:



Fuente: Torres, 2016

**Figura 6. Subproductos de la caña de azúcar**

### **2.2.1.15 Características de la cosecha en verde**

La cosecha en verde permite que las máquinas entren en los campos verdes cortando la caña al ras del suelo utilizando unos platos con cuchillas que giran a altas revoluciones, llevando esta caña al centro de la máquina por medio de unos gusanos mecánicos la introducen a una banda donde se transporta para ser troceada en pequeños pedazos de 20 cm. Para después ser arrojados por medio de un elevador a un camión que viene a la par de la cosechadora. La limpieza de la caña es fundamental para ser recibida en el ingenio por lo que se cuenta con unas despuntadoras que van eliminando las puntas verdes al momento del corte y en la parte posterior de la máquina cuenta con un sistema de ventiladores que van eliminando las hojas secas dejando todo este material vegetativo triturado en el campo con un sin número de ventajas (Morales, Trujillo. 2011).

#### **A. Consecuencias de la cosecha en verde**

La cosecha en verde no se ha desarrollado en su totalidad implicando grandes retos (Aguilar, 2010):

- a. El diseño de los campos para la máquina. Adecuar los campos para las cosechadoras garantiza la eficiencia de la maquinaria así como la reducción de los costos al evitar un gasto excesivo de combustible por maniobras de las maquinas.
- b. Variedades ricas en sacarosa, erectas y de fácil despaje para disminuir los efectos negativos de las materias extrañas.
- c. El manejo de la densidad de siembra por medio de la distancia entre surcos, a mayor número de cepas por hectárea existe un mayor acame y disminuye la producción de sacarosa por lo que se ha encontrado que 7,100 cepas por hectárea no afecta significativamente la producción y facilita las labores agrícolas.
- d. De igual forma se deben de establecer las edades de corte ya que entre más viejas sean las cañas están tienden a acamarse y dificultar la cosecha mecánica.
- e. Debido al tipo de corte de las cosechadoras, las góndolas acarrearán todo (hojas secas, hojas verdes, tallos secundarios, tallos terciarios, punta de caña y tallos molederos) al ingenio, por lo que es de especial interés no aplicar riegos de auxilio ni fertilizar con nitrógeno durante la última etapa de desarrollo debido al alto contenido de tallos secundarios y terciarios que se producen no aportando azúcar a

la fábrica. El peso promedio de la cosechadora es de 17 toneladas, por lo que en la época de lluvias su trabajo disminuye ya que se atascan con facilidad. Debido a esta circunstancia es conveniente planear la cosecha bajo dos aspectos importantes:

- a. La distancia a la fábrica: Cosechando los terrenos más alejados primero para que en el último tercio de la zafra los campos por cosechar queden en un radio no mayor de 10 km al ingenio haciendo más fácil y rápido el transporte.
- b. Los tipos de suelo: Debiéndose cosechar primero los arcillosos, ya que son los que más difíciles de drenar y dejando los arenosos a lo último por si se llegase a presentar alguna precipitación pluvial estos son más permeables.

### **B. Desventajas de la cosecha en verde**

Por otro lado, existen algunas desventajas que se pueden encontrar dentro de la cosecha en verde (Torres, 2006):

- a. Mayor riesgo de daño sobre el cultivo por el peso de las cosechadoras que llegan a pesar de 8 a 12 toneladas compactando el suelo
- b. Mayor concentración de ceras, cenizas, polisacáridos y almidones en el jugo extraído, incremento en la cantidad de melaza
- c. Incremento en las pérdidas de azúcar por tonelada de caña.
- d. Factores externos que impiden su extensión como:
  - e. La fragmentación de los terrenos
  - f. Los tamaños irregulares de los terrenos
  - g. La presencia de rocas
  - h. Topografía desfavorable de los terrenos
  - i. Alta disponibilidad de mano de obra
  - j. Factores socioeconómicos

### **C. Beneficios de la cosecha en verde**

La cosecha en verde ha desarrollado beneficios en el corte de la caña de azúcar (Morales, 2011), el tener una mejor planificación y organización de la zafra, una operación más eficiente de cosecha y una mejora de la calidad de materia prima por una significativa reducción del trash y la mínima cantidad de caña dejada en campo:

- a. No contamina la atmosférica
- b. El mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo recuperando su estructura y fertilidad por el aporte de materia orgánica conformada por su hojarasca.
- c. Los residuos agrícolas de la cosecha sirven como cobertura vegetal protegiendo al suelo de los rayos directos del sol evitando su deshidratación.
- d. La paja dejada en campo tras la cosecha forma una cobertura en el suelo robando espacio vital a plantas nocivas disminuyendo el uso de herbicidas ayudando al medio ambiente además de disminuir los costos de producción.
- e. La disminución de tiempo entre la quema y la molienda. Se estima que cada hora después de la quema, las pérdidas de sacarosa pueden alcanzar hasta un 0.4%. Se calcula un tiempo promedio de 50 horas en caña quemada, mientras que cosechando en verde, se tiene promedios de 18 horas o hasta menos.
- f. El efecto de amortiguación de los residuos vegetales que protegen al suelo del paso de la maquinaria evitando la compactación de los mismo y futuros trabajos de roturación con maquinaria agrícola, bajando los costos de producción.
- g. Con los abundantes residuos que quedan de la cosecha mecanizada las labores de cultivos cambian en las resocas utilizándose implementos con discos para ir incorporando la materia orgánica al suelo.

#### **2.2.1.16 Diferencias entre los sistemas de cosecha**

La implementación de la cosecha mecanizada a gran escala tiene factores a favor y en contra. En el cuadro 1 se presenta un paralelo con la cosecha manual. Se puede observar que en algunas circunstancias se favorece la continuidad de la cosecha manual y en otros, la mecanizada:

**Cuadro 1. Diferencias entre los dos tipos de prácticas de cosecha en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*)**

Variable	Cosecha Manual	Cosecha Mecanizada
Materia extraña	En caña verde: 2-4 % En caña quemada: 1.5-2	En caña verde: 10-12% En caña quemada: 8-10%
Corte en verde	Mayor dificultad para el corte en verde.	Menor dificultad para corte en verde.
Manejo de residuos	Difícil manejo de residuos del corte en verde.	Fácil manejo de los residuos del corte verde y quemado.
Tiempo de permanencia	Alto tiempo de permanencia: 25hr-40hr	Bajo tiempo de permanencia: 4h-10h
Despeje	Requiere celeridad en el despaje para no afectar el rebrote de la cepa.	Requiere prontitud en el despaje para la labor del repique.
Eficiencia	Rendimiento del cortador: Caña semilimpia 2-4 Ton/hombre/día. Caña quemada 5-7 Ton/hombre/día	Rendimiento de la cosechadora: Caña semilimpia 24-25 ton/hora Caña Quemada 26-28 ton/hora
Manejo de información	Manejo completo de la información por cada cortador.	Menor complejidad en el manejo de la información.

Fuente: Morales, 2011

### 2.2.1.17 Nematodos como indicador biológico de la calidad de suelo

El suelo es una unidad básica de funcionamiento y dinámica de los agroecosistemas, ya que proporciona el sustento físico y biológico para la producción vegetal. Aunque existen pocas herramientas para medir el impacto de las prácticas sobre el componente abiótico. Los nematodos del suelo constituyen un grupo de invertebrados de elevada importancia ecológica que presentan atributos que les convierte en valiosas herramientas como indicadores biológicos. Su extraordinaria diversidad taxonómica y funcional, su abundancia y ubiquidad, y la rápida respuesta de las comunidades de nematodos edáficos a perturbaciones ambientales, como el laboreo o la aplicación de insumos químicos, han convertido la nematofauna en un indicador clave en la evaluación del efecto del manejo agrario sobre los ecosistemas (Sánchez-Moreno, 2013).

### **2.2.1.18 Morfología**

Los nematodos fitopatógenos son organismos pequeños de 300 a 1000  $\mu\text{m}$ , siendo algunos mayores a 4  $\mu\text{m}$  de longitud por 15 a 35  $\mu\text{m}$ , de ancho (figura 7). Su diámetro pequeño hace que no sean observables a simple vista, pero se pueden ver con facilidad en el microscopio (Agrios, 1997).

Los nematodos tienen, en general, forma de anguila y en corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos lisos no segmentados y carecen de patas u otros apéndices. Sin embargo, las hembras de algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren la forma de una pera o de cuerpos esferoides. (Agrios, 1997), figura 7.

### **2.2.1.19 Anatomía**

El cuerpo de un nematodo es más o menos transparente. Está cubierto por una cutícula incolora que a menudo presenta estrías u otros detalles. Esta cutícula presenta la muda cuando los nematodos pasan a través de sus etapas larvarias sucesivas. Dicha cutícula se produce por la hipodermis, la cual consta de células vivas y se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de 4 cordones que separan 4 bandas de músculos longitudinales. Estos músculos permiten que el nematodo pueda moverse. En la boca y a lo largo del tracto digestivo y de las estructuras reproductoras hay otros músculos especializados (Agrios, 1997).

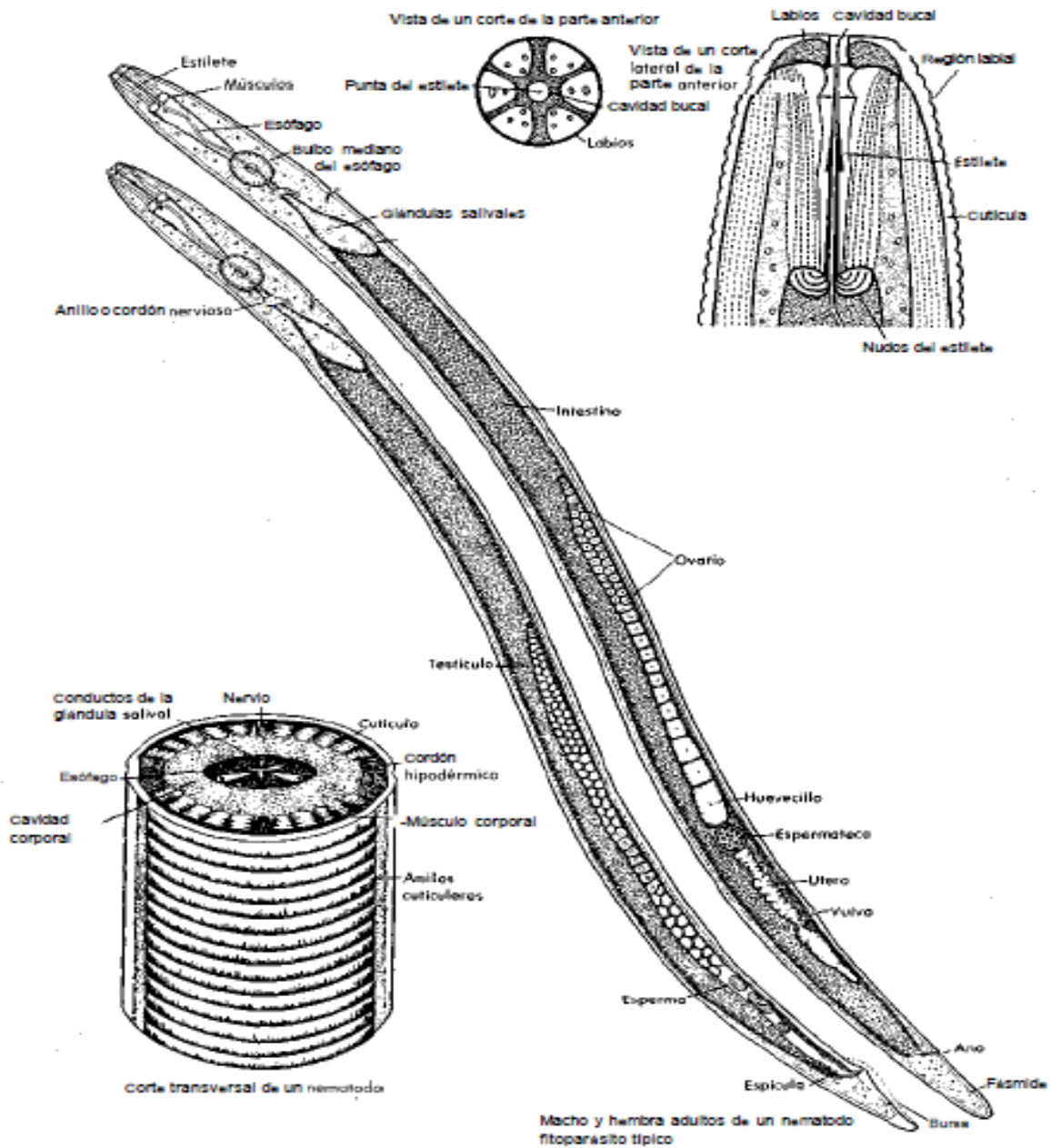
Los sistemas reproductores están bien desarrollados, los nematodos hembras tienen de uno a dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en una vulva. La estructura reproductora del macho es semejante a la de la hembra pero hay un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común con el intestino. La reproducción se efectúa por medio de huevecillos y puede ser sexual, hermafrodita o partenogénica. En muchas especies faltan los individuos machos. (Agrios, 1997), figura 8.

### **2.2.1.20 Ciclos de vida**

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos fitoparásitos es, por lo general, bastante semejante. Los huevecillos se incuban y se desarrollan en larvas, cuya apariencia y estructura es comúnmente similar a la de los nematodos adultos. Las larvas aumentan de

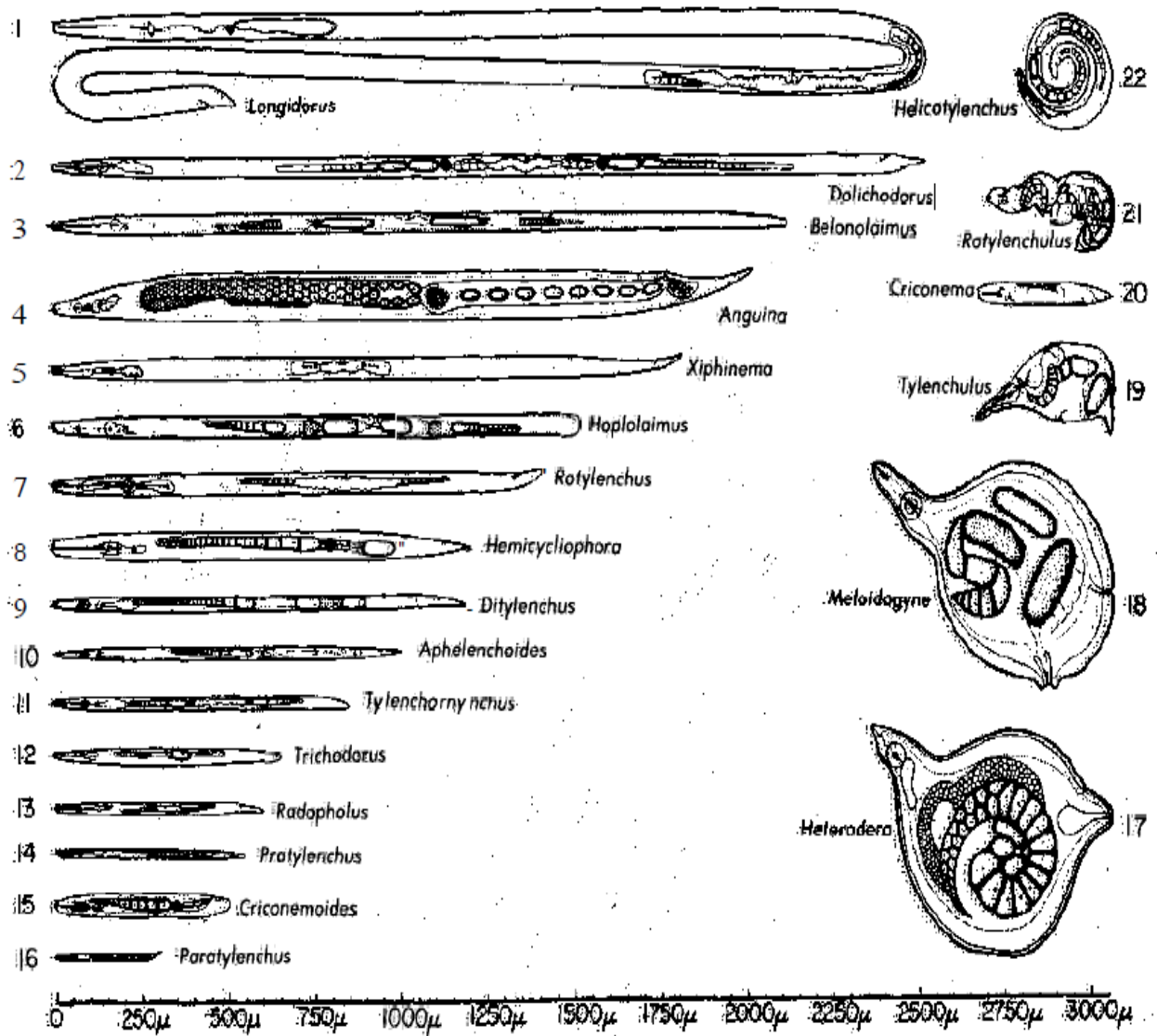


tamaño y cada etapa larvaria concluye mediante una muda. Todos los nematodos tienen cuatro etapas larvianas y la primera muda a menudo se produce en el huevecillo. Después de la última muda, los nematodos se diferencian en hembras y machos adultos. La hembra puede entonces producir huevecillos fértiles a la vez que se ha apareado con un macho (Agrios, 1997).



Fuente: Agrios, 1997.

**Figura 7. Morfología y características del típico nematodo macho y hembra fitoparásitos**



Fuente: Agrios, 1997

**Figura 8. Morfología y tamaño relativo de los nematodos fitoparásitos importantes**

**2.2.1.21 Ecología y distribución**

La mayoría de los nematodos fitopatógenos viven parte de su vida en el suelo. La mayor parte de ellos vive libremente en el suelo, alimentándose superficialmente de las raíces y tallos subterráneos de las plantas, pero aún en el caso de los nematodos sedentarios especializados, los huevecillos, las etapas larvarias preparásitas y los machos se encuentran en el suelo durante toda su vida o gran parte de ella. La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan a la supervivencia y al movimiento de los

nematodos en el suelo. Los nematodos se encuentran con mayor abundancia en la capa de suelo comprendida entre los 0 y 15 cm de profundidad, aunque cabe mencionar que su distribución en los suelos cultivados es irregular y es mayor en torno a las raíces de las plantas susceptibles, a las que en ocasiones siguen hasta profundidades considerables (de 30 a 150 cm o más). La mayor concentración de nematodos en la región radical de la planta hospedante se debe principalmente a su más rápida reproducción cuando el alimento es abundante y también a la atracción que tienen por las sustancias liberadas en la rizósfera. (Agris, 1997)

Los nematodos se distribuyen en el suelo muy lentamente bajo su propia capacidad. La distancia total que recorre un nematodo probablemente no excede de un metro por estación. Se mueven con mayor rapidez en el suelo cuando los poros de este están llenos de una película delgada (de unos cuantos micrómetros) de agua cuando el suelo se encuentra inundado. Sin embargo, además de su movimiento propio, los nematodos se distribuyen con gran facilidad a través de todo lo que se mueve y pueda llevar partículas del suelo. El equipo agrícola, la irrigación, el agua inundada o de drenaje y las patas de los animales distribuyen a los nematodos en áreas locales, mientras que a grandes distancias los nematodos se distribuyen principalmente por los productos agrícolas y las plantas de los viveros. (Agris, 1997)

#### **2.2.1.22 Hábitos alimenticios de algunos géneros de importancia**

Los nematodos son los organismos multicelulares más numerosos presentes en los agrosistemas. Se han detectado ocupando cualquier nicho que puedan formar el suelo, la vegetación u otras biotas. Algunas especies atacan y parasitan. El resto, según sus hábitos alimentarios se pueden clasificar en varios grupos tróficos: Saprófagos, omnívoros, depredadores y parásitos de planta. Aunque todos ellos pueden ejercer cierto impacto en la producción agrícola, los nematodos fitoparasitos constituyen el grupo más importante por su acción patogénica. A continuación se describen hábitos alimenticios de algunos géneros de importancia:

### A. *Tylenchulus*

Nematodo semiendoparásito sedentario, que para alimentarse introduce solo la mitad de su cuerpo, y parasita en una parte específica de la planta. Las hembras se incrustan en los tejidos de la raíz y su parte posterior permanece por fuera, atacan las raíces alimentadoras de 4 a 5 semanas y se alimentan de sus células superficiales, la cabeza del nematodo forma una pequeña cavidad en torno a ella y se alimentan de las 3 o 4 capas circundantes de células parenquimatosas conocidas como células nodrizas. Los machos juveniles no se alimentan.

### B. *Belonolaimus*

Son ectoparásitos de raíces de las plantas, por lo que habitan el suelo y se alimentan mediante la inserción de un estilete en las raíces. Posteriormente inyectan enzimas en tejidos de la raíz y absorben los jugos de las plantas a través del estilete.

### C. *Rotylenchus*

Son ectoparásitos migratorios, introducen el estilete y podrían alimentarse de la raíz y luego desplazarse a las hojas y frutos. Sin embargo, las especies con más estiletos penetran en los tejidos más profundamente, con lo que matan más células.

### D. *Hoplolaimus*

Se alimentan de las raíces, penetrando a través de heridas u orificios naturales. El nematodo abre heridas, para que los microorganismos presentes en el suelo puedan invadir, propiciando la pudrición de la raíz.

### E. *Meloidogyne*

Son nematodos del nudo de la raíz, debilitan las puntas e inhiben el desarrollo radical. La larva penetra a la raíz, se vuelve sedentaria y aumenta de grosor tomando forma de salchicha.

El nematodo se alimenta de las células que se encuentran en torno a su cabeza al insertar el estilete y secretar saliva en ellas, la saliva estimula a las células para que crezcan y también licua parte de su contenido, el cual lo succiona a través de su estilete.

### *F. Heterodera*

Son nematodos enquistados. Se evidencia la presencia de estos por los quistes en las raíces, las hembras jóvenes son pequeñas y se encuentran parcialmente incrustadas en la raíces de las plantas y una parte de ellas sale a la superficie, las larvas emergen de los quistes e infectan a las raíces de las plantas.

### *G. Ditylenchus*

Los nematodos penetran en las hojas a través de los estomas o bien directamente a través de la epidermis, se produce un alargamiento celular, desaparición de cloroplastos y un incremento en los espacios intercelulares en el tejido parenquimatoso. Se alimentan de las células parenquimatosas vecinas.

### *H. Radopholus*

Es el patógeno de las raíces del plátano y produce la denominada pudrición de raíz. El patógeno ataca y destruye a las raíces alimentadoras de la planta, se mueve intercelularmente por el parénquima cortical alimentándose de las células vecinas, destruyéndolas y ocasionando la formación de cavidades.

### *I. Anguina*

Una cabezuela infectada puede tener uno, algunos o todos los granos transformados en las agallas que produce el nematodo. Cuando en la superficie de las plantas hay una película de agua, las larvas nadan hacia la parte superior de la planta, se alimentan ectoparasitadamente de las hojas estrechamente compactadas que se encuentran cerca de la zona de crecimiento y hacen que las hojas y el tallo queden formados deficientemente.

### *J. Tylenchorhynchus*

Son ectoparásitos migratorios, se alimentan de raíces de plantas enfermas durante su estado inicial. Después de un periodo, el nematodo causa daños en todos sus estados, reteniéndolo durante toda su vida.

### *K. Helicotylenchus*

Nematodos parásitos de las plantas cultivadas en campos libres, viveros, pastos y hábitats naturales. Se alimentan de células de la corteza de las raíces de acogida. Insertan su

estilete en la epidermis y las células corticales e ingieren el contenido celular. Particularmente *Helicotylenchus pseudorobustus* induce el desarrollo de una célula de comida especializada en la que se alimenta. Tras la alimentación, se somete a más de tres mudas.

#### *L. Rotylenchulus*

Son semiendoparasíticos, por lo que penetran parcialmente las raíces. Las hembras son las únicas que infestan las raíces de las plantas, secretan una sustancia viscosa donde se encuentran los huevos. Al emerger de los huevos, los juveniles viven libres en el suelo donde pasan por 3 mudas.

#### *M. Paratylenchus*

Son endoparásitos migratorios, perforan las células de la raíz, son móviles a lo largo de sus vidas. Algunos pueden incrustar sus extremos anteriores de las raíces y establecer a largo plazo sitios de alimentación.

#### *N. Sphaeronema*

Se producen en las colonias que rodean las bases de las raíces laterales y es allí donde se alimentación, y los tejidos infectados muestran un deterioro general de la corteza.

#### *O. Aphelenchus*

Son nematodos saprófagos que viven en el suelo y en las cavidades producidas por los insectos, se alimentan en su inmensa mayoría de hongos.

### **2.2.1.23 Propiedades y función de la mesofauna**

La mesofauna del suelo está constituida por pequeños invertebrados cuyo tamaño corporal no excede los 2 mm de diámetro (Swift et al., 1979). Ejerce un papel primario sobre los procesos de transformación de la materia orgánica y ciclado de los nutrientes y junto con los microorganismos constituye el grupo de los descomponedores. Numéricamente este grupo constituye el componente más abundante de la fauna del suelo en la mayoría de los ecosistemas pudiendo alcanzar hasta 300,000 individuos por m<sup>2</sup> en pastos naturales (Bardgett y Cook, 1998).

#### **2.2.1.24 Mesofauna como indicador de la calidad de suelo**

La mesofauna es constituida por pequeños invertebrados de suelo cuyo tamaño corporal no excede los 200  $\mu\text{m}$  de diámetro (Swift *et al.*, 1979). Numéricamente, este grupo constituye el componente más abundante de la fauna del suelo en la mayoría de los ecosistemas.

La densidad de la mesofauna en áreas de pastos se puede encontrar hasta 300,000 individuos por  $\text{m}^2$  (Bardgett & Cook, 1998). Además de su abundancia, la mesofauna del suelo es constituida por un grupo de diversas especies. Según Bardgett & Cook (1998) se pueden encontrar hasta 108 especies diferentes en 500 g de suelo. Dos grupos que integran la mesofauna, Ácaros y Colémbolo se presentan en mayor abundancia y generalmente se encuentran ocupando los primeros centímetros de la capa del suelo. De la misma forma que otros grupos de la fauna, la distribución de la mesofauna muestra grandes variaciones espacial y temporal (Ettema & Wardle, 2002) causada por diversos factores que afectan las condiciones de hábitat. Las condiciones climáticas, principalmente la temperatura y precipitación (Gonzales *et al.*, 2001), tipo de suelo y manejo, así como las diversas intervenciones humanas en los ecosistemas, son los principales factores que afectan la distribución, estructura y composición de las comunidades de la mesofauna.

#### **2.2.1.25 Índices de Diversidad**

El índice de Riqueza se refiere al número total de especies presentes en una muestra, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

#### **2.2.1.26 Índice de Riqueza**

La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxa bien conocidos y de manera puntual en tiempo y espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad. A continuación se describen los índices más comunes para medir la riqueza de especies:

- A. Riqueza específica: Número total de especies obtenidas por un censo de la comunidad.

B. Índice de diversidad de Margalef: Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra

### **2.2.1.27 Índice de equidad**

Algunos de los índices más reconocidos sobre diversidad se basan principalmente en el concepto de equidad, por lo que se describe a continuación uno de ellos:

### **2.2.1.28 Índice de Shannon y Wiener (1949)**

El índice de Shannon combina dos componentes de diversidad: número de especies y equidad de la distribución de individuos entre las especies. Se basa en suponer que la heterogeneidad depende del número de especies presentes y de su abundancia relativa. Los valores normales del índice de Shannon y Wiener fluctúan entre 2 y 3. Los valores menores a 2 indican baja diversidad y los mayores a 3, alta diversidad.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

### **2.2.1.29 Índice de Dominancia**

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. A continuación se describen dos índices de importancia:

### **2.2.1.30 Índice de Simpson (D)**

El índice de Simpson (D) conocido también como índice de dominancia, está relacionado a la dinámica de la población y fue propuesto para describir la probabilidad de que un segundo individuo extraído de una población sea de la misma especie que el primer individuo retirado de esa misma población.



$$D = \sum p_i^2$$

Donde:

$p_i$ : abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

#### A. Índice de Berger Parker

El índice de Berger Parker es también un índice de dominancia, expresa la proporción de la colecta total que se debe a la especie dominante, siendo conceptualmente muy sencillo y de fácil estimación matemática.

$$d = \frac{N_{max}}{N}$$

Donde:

$N_{max}$ : es el número de individuos en la especie más abundante. Un incremento en el valor de este índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia (Magurran, 1988).

## 2.2.2 Marco Referencial

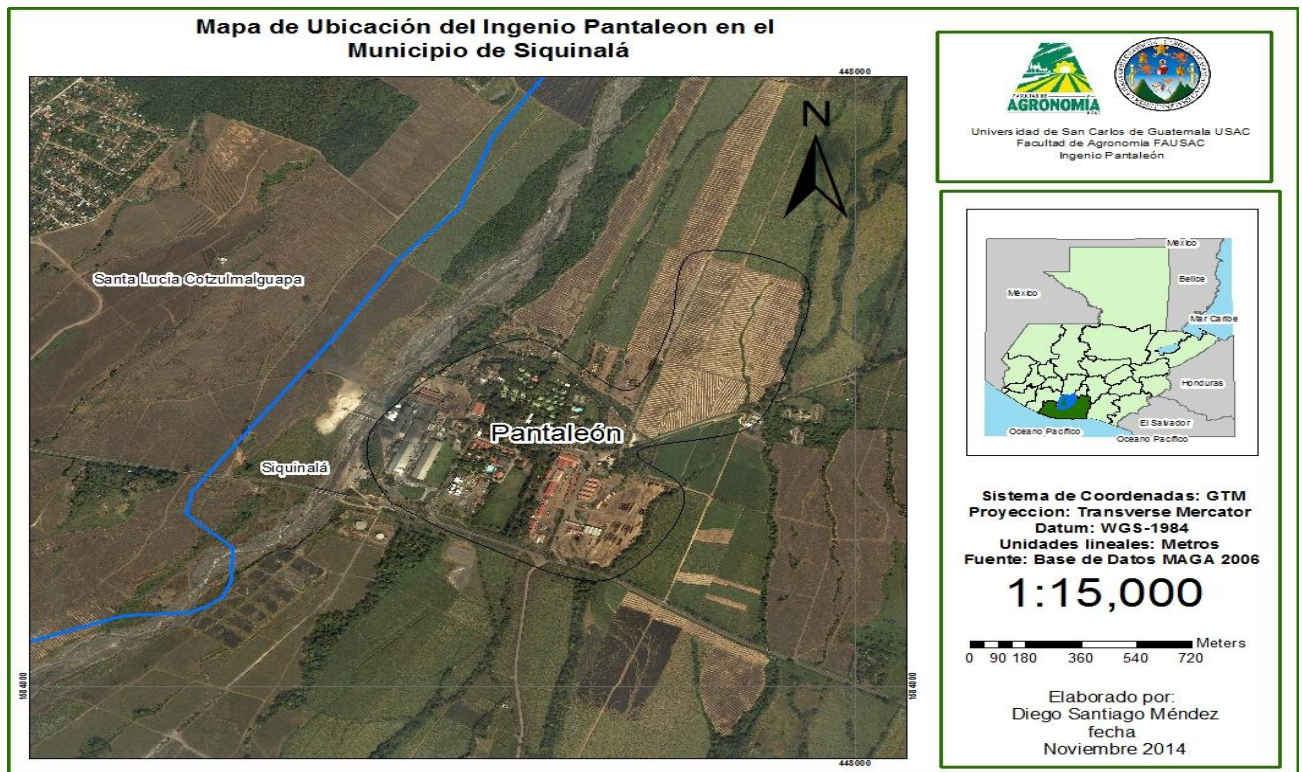
### 2.2.2.1 Localización de la Empresa

La Empresa donde se realizó la investigación se encuentra ubicada en la finca Pantaleón en el kilómetro 86.5 de la carretera al Pacífico, en el municipio de Siquinalá, del departamento de Escuintla.

En cuanto a extensión territorial, cuenta aproximadamente con más de 50,000 hectáreas ubicadas dentro de las administraciones que le corresponde a la Corporación Pantaleón-Concepción (ver figura 9).

Delimitados en los estratos altitudinales:

- Estrato alto                    mayor de 300 msnm
- Estrato medio                de 100 a 299 msnm
- Estrato bajo                 menor de 99 msnm
- Litoral                         de 0 a 50 msnm



**Figura 9. Mapa de ubicación de Ingenio Pantaleón**

### **2.2.2.2 Ubicación ecológica**

De acuerdo con la clasificación ecológica de Holdridge realizada en el año 1979, la finca Pantaleón está comprendida dentro de dos zonas ecológicas bien definidas, las cuales son la Zona Tropical Húmeda y la Zona Tropical Perhúmeda.

La Zona Tropical Húmeda caracterizada por una precipitación que varía entre 2,000 y 4,000 milímetros y con una biotemperatura, menor de 24 grados centígrados. La Zona Tropical Perhúmeda caracterizada por una precipitación superior a los 4,000 milímetros y una biotemperatura menor de 24 grados centígrados (Holdridge, 1979).

El clima es referido a los siguientes aspectos: Cálido con temperatura promedio de 24.80 °C y su precipitación pluvial de 4,000 milímetros al año distribuidos de Mayo a Octubre siendo Junio y Septiembre los meses más lluviosos (Holdridge, 1979).

La humedad relativa es del 70% y la evaporación a la intemperie de 4 milímetros por día (Holdridge, 1979).

Los vientos que por las mañanas corre en dirección Noreste y por las tardes en una dirección Suroeste (Holdridge, 1979).

### **2.2.2.3 Quemados anuales**

La quema de la caña tiene un gran impacto hacia el suelo ya que a la hora de la cosecha, la caña es quemada y dentro de los elementos afectados se encuentra el suelo por la pérdida de fertilidad, ya que la quema hace que se pierda materia orgánica lo que provoca su esterilización o erosión, así mismo los grupos de la mesofauna del suelo son muy sensibles a los cambios que ocurren en el medio edáfico por causas naturales o antrópicas, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad; por esta causa son considerados como certeros indicadores del estado ecológico del suelo.

### 2.2.2.4 Distribución del porcentaje de área de los sistemas de cosecha de Ingenio Pantaleón

En el cuadro 2, se presenta la información general del área total en hectáreas que presentan quema y cosecha en verde, en el ingenio Pantaleón.

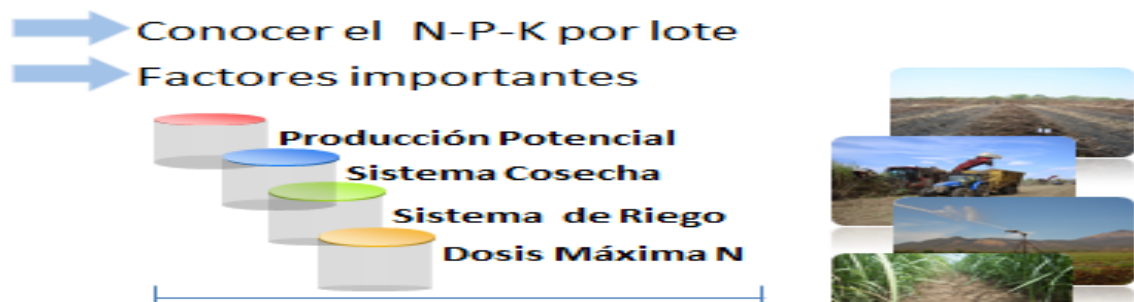
**Cuadro 2. Área de Cosecha en verde y cosecha manual de Ingenio Pantaleón**

	<b>Descripción</b>	<b>(2010-11)</b>	<b>(2011-12)</b>
<b>Área (ha)</b>	Bajo administración	53,710	53,156
	A cosechar bajo administración	49,204	45,813
	A cosechar de terceros	10,645	9,811
<b>Toneladas de caña por hectárea</b>	Bajo administración	98	92
	A cosechar de terceros	91	82
<b>Producción de caña (ton)</b>	Bajo administración	4,817,521	4,302,220
	A cosechar de terceros	969,842	873,208
	<b>Total</b>	<b>5,787,364</b>	<b>5,175,428</b>
<b>Producción de azúcar (ton)</b>	Bajo administración	520,427	454,363
	A cosechar de terceros	104,743	92,174
	<b>Total</b>	<b>625,170</b>	<b>546,537</b>
<b>Tipo de Cosecha</b>	Manual	74%	68%
	Mecanizada	26%	32%
<b>Molienda / día TC</b>	Pantaleón	28,000	
	Concepción	8,500	

Fuente: López, 2014

### 2.2.2.5 Factores a considerar en el manejo de la fertilización

En la figura 10, los diferentes factores a tomar en cuenta en la toma de decisiones sobre el manejo nutricional en las diferentes áreas de Ingenio Pantaleón



Fuente: López, 2014

**Figura 10. Factores del manejo nutricional**

En la figura 11, se ilustran las formas en que se aplican los diferentes volúmenes de vinaza en lotes de producción de caña de azúcar de Ingenio Pantaleón.



Fuente: López, 2014

**Figura 11. Diferentes formas de la aplicación de vinaza en el cultivo de caña de azúcar**

En el cuadro 3 se presentan las hectáreas aplicadas con los diferentes volúmenes de vinaza incorporados en lotes de producción de caña de azúcar de Ingenio Pantaleón S.A.

**Cuadro 3. Área (ha) de las diferentes formas de aplicación de vinaza en el suelo**

Tipo de Fertilización	Área (ha)
Bajo Volumen	25,024.52
Líquido + Granulado	13,451.02
Alto Volumen	884.73
Granulado	13,230.40
Cachaza + Granulado	484.87
Cachaza + Bajo Volumen	383.52
	<b>53,459.05</b>
Enmienda al Suelo	8,291.27
<b>Total (Ha)</b>	<b>61,475.32</b>

Fuente: López, 2014

### 2.2.2.6 Criterios de asignación de NPK

En los lotes de producción de caña del Ingenio Pantaleón se utilizan diferentes criterios para programar las dosis de aplicación de los elementos primarios que son el nitrógeno, fósforo y potasio en la aplicación de la vinaza (ver cuadros 4,5 y 6).

**Cuadro 4. Asignación de nitrógeno para la aplicación de vinaza**

Rango de materia Orgánica	Kg N/Ton. Caña	
	Renovación	Soca
0-2 % M.O.	1.00	1.30
2-5 % M.O.	0.90	1.20
>5 % M.O.	0.80	1.10
Dosis mínima Kg N/ha	70.00	90.00
Dosis máxima Kg N/ha	120.00	160.00

Fuente: López, 2014

**Cuadro 5. Asignación de fósforo para la aplicación de vinaza**

Rango PPM $P_2O_5$	Kg $P_2O_5$ /Ha			
	Renovación		Socas	
	Andisoles	No- Andisoles	Andisoles	No- Andisoles
<10 ppm	80.00	60.00	40.00	25.00
10-30 ppm	60.00	40.00	-	-
>30 ppm	-	-	-	-

Fuente: López, 2014

**Cuadro 6. Asignación de potasio para la aplicación de vinaza**

Rango PPM $P_2O_5$	Saturación de potasio en el suelo (<35 y >35 % arcilla)		
	<4	4 - 6	>6
<100 ppm	300.00	300.00	120.00
100-150 ppm	180.00	180.00	120.00
>150 ppm	200.00	120.00	120.00

Fuente: López, 2014

### 2.2.2.7 Recursos naturales

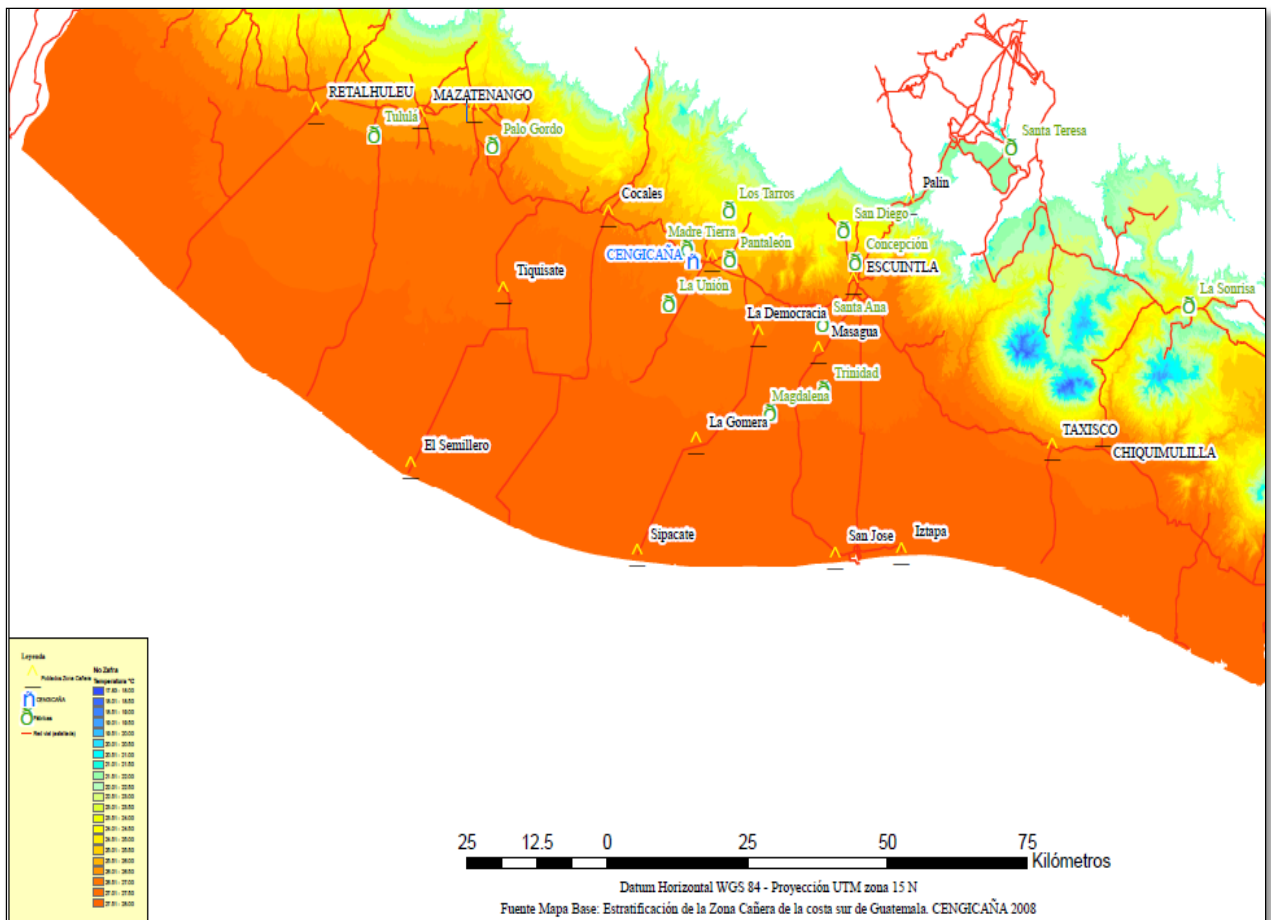
#### A. Recursos Hídricos

La precipitación pluvial también está dada en función a los estratos altitudinales, los cuales se mencionan a continuación: Estrato alto (>300 msnm), estrato medio (100 a 299 msnm), estrato bajo (51 a 99 msnm) y estrato litoral (0 a 50 msnm).

Rango de temperatura en los estratos altitudinales:

- Estrato alto de 15.40 °C a 29.75 °C
- Estrato medio de 20.17 °C a 31.67 °C
- Estrato bajo de 19.13 °C a 31.46 °C
- Estrato litoral de 21.56 °C a 33.34 °C

En la figura 12 se presenta una ilustración de la temperatura promedio de la zona cañera



Fuente: Cengicaña, 2008

**Figura 12. Temperatura de la zona cañera de Guatemala**

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 General**

Evaluar el efecto de la aplicación de vinaza y cachaza sobre indicadores biológicos de la calidad del suelo en lotes de producción de caña de azúcar (*Saccharum spp*), bajo dos sistemas de cosecha.

### **2.3.2 Específicos**

2.3.2.1 Determinar el efecto de las aplicaciones de vinaza y cachaza sobre el número de individuos y grupos taxonómicos de la mesofauna y nematodos del suelo, en los dos sistemas de cosecha.

2.3.2.2 Determinar la distribución de los grupos funcionales de la comunidad de la mesofauna del suelo en cada uno de los tratamientos evaluados.

2.3.2.3 Determinar el comportamiento poblacional en cada uno de los tratamientos evaluados sobre la distribución de los grupos tróficos de la comunidad de los nematodos del suelo.

2.3.2.4 Determinar el índice de diversidad en base al total de los grupos taxonómicos de la mesofauna y nematodos del suelo.



## **2.4 METODOLOGIA**

### **2.4.1 Ubicación de las áreas de muestreo**

En el cuadro 7, se muestran las características de las áreas de estudio en las cuales se realizó el muestreo de suelos para extracción de los indicadores biológicos.

### **2.4.2 Muestreo y extracción de la mesofauna**

El muestreo se llevó acabo en el periodo de Mayo a Junio, del año 2014, para una evaluación de la mesofauna del suelo, para ello se realizaron las siguientes actividades.

- Se colectaron 8 muestras de suelo por tratamiento (Ver cuadro 7)
- Se ubicaron los lotes del área de estudio realizando un muestreo aleatorio sistematizado; los puntos de muestreo se seleccionaron en dos transectos representativos por cada uno de los lotes.
- Los puntos de muestreo se seleccionaron en un radio de 10 m<sup>2</sup> obteniendo una muestra simple, esta se obtuvo con la ayuda de un barreno cilíndrico de 50 cm<sup>2</sup>, a una profundidad de 10 cm, obteniendo un volumen de suelo de 500 cc.
- Se recolectaron las muestras a una distancia de 30 cm de la macolla, sobre la hilera del cultivo, posteriormente se empacaron en bolsas dobles de polietileno y se etiquetaron de acuerdo a cada tratamiento evaluado por lote y se trasladaron al extractor tipo Berlese Tullgren ubicado en laboratorio biológico de Ingenio Pantaleón, las características de este extractor artesanal se muestran en la figura.
- Las muestras fueron colocadas en el extractor tipo embudo (Berlese Tullgren), en los cuales se adaptó una malla con un diámetro de 2 mm para permitir el paso de la mesofauna del suelo (organismos menores a 2 mm).
- Las muestras permanecieron con luz en el extractor durante 10 días.
- Se recolectaron los organismos en un recipiente con alcohol al 70%, debidamente identificado por cada tratamiento.

### 2.4.3 Muestreo y extracción de Nematodos

El muestreo se llevó a cabo en el periodo de Julio y Agosto, del año 2014, para una evaluación de nematodos del suelo, para ello se realizaron las siguientes actividades.

- Se colectaron 8 muestras compuestas de suelo por tratamiento (Ver cuadro 7)
- Se ubicaron los lotes del área de estudio realizando un muestreo aleatorio sistematizado; los puntos de muestreo se seleccionaron en dos transectos representativos por cada uno de los lotes.
- Los puntos de muestreo se seleccionaron en un radio de 25 m<sup>2</sup> obteniendo una muestra compuesta (10 submuestras simples), esta se obtuvo con la ayuda de un barreno helicoidal, a una profundidad de 20 cm, obteniendo un volumen de suelo de 500 cc.
- Se recolectaron las muestras a una distancia de 25 cm de la macolla, sobre la hilera del cultivo, posteriormente se empacaron en bolsas de polietileno y se etiquetaron de acuerdo a cada tratamiento evaluado por lote, las muestras se trasladaron al laboratorio de suelo de ANACAFE (Asociación Nacional del Café) para su posterior análisis.
- Se procedió a la extracción de nematodos en 200 cc de suelo, los cuales se dejaron en suspensión en un litro de agua durante 24 horas.
- Al día siguiente utilizando el método de lavado y centrifugación cada muestra se hizo pasar por un juego de tamices de malla, de 60, 250 y 500 mesh.
- El suelo recolectado en el tamiz de 500 mesh se recolectó en un tubo de centrifuga de 50 ml, luego se agregaron 2 gramos de caolín y se centrifugaron a 2000 rpm durante un lapso de tiempo de 5 minutos.
- El precipitado resultado de la centrifugación fue disuelto en solución de sacarosa al 45%, siendo nuevamente centrifugado a 2000 rpm por 5 minutos.
- Los residuos sólidos de este proceso fueron retenidos utilizando un tamiz de 500 mesh, el cual contenía los nematodos. Posteriormente fue lavado para eliminar el exceso de sacarosa y llevado a un volumen de 50 cc. Los nematodos fueron insensibilizados al momento de ser introducidos en baño María a 70 °C durante 20

minutos. Por último se agregaron 50 ml de una solución de formol al 8 % para su conservación.

- Se recolectaron al final 100 ml de extracto por muestra de cada tratamiento, para la determinación de la población de nematodos.

#### **2.4.4 Identificación de los individuos de la mesofauna**

Para la determinación del número de individuos y grupos taxonómicos de la mesofauna, se procedió a analizar cada extracto por muestra de los tratamientos, utilizando un estereoscopio y claves morfológicas para los órdenes de artrópodos. Se utilizó un formulario donde se anotó la cantidad de individuos de las diferentes especies observadas. Al final se contabilizó el total por muestra. Las características del formulario se muestran en la figura 47A

#### **2.4.5 Identificación de los individuos de la población de nematodos**

En la determinación de la población de nematodos, de los 100 ml del extracto obtenido por muestra se tomó una muestra de 1 ml en una lámina de conteo y utilizando el microscopio se realizó el conteo de la población de nematodos. Este procedimiento fue realizado tres veces para la obtención de un promedio, para extrapolar el número de individuos. Aleatoriamente se tomaron 50 individuos por muestra para su identificación utilizando microscopio y claves morfológicas, agrupándolos según sus hábitos de alimentación. (Smart Jr. & Nguyen, 1998; Nguyen, 2002; Yeates *et al.*, 1993).

**Cuadro 7. Características de los lotes evaluados según su tratamiento de vinaza y/o cachaza en Ingenio Pantaleón, 2014.**

No.	Finca	Lote	Tratamiento	Tipo Suelo	Clase Textural	Variedad	Corte	Producción 2013/14 TCH
1	Limonés S.A.	3601	Cosecha en verde + 10 m <sup>3</sup> de vinaza	3	Arena Franca	CP72-1312	4	113.4
2	Agropecuaria Churubusco	1401	Cosecha en verde + 2 m <sup>3</sup> de vinaza	10	Arena Franca	CP88-1165	5	126.04
3	Limonés Pantaleón	2801	Cosecha manual + 10 m <sup>3</sup> de vinaza	3	Franco Arenoso	CP72-2086	2	99.23
4	Agropecuaria Churubusco	1102	Cosecha manual +2 m <sup>3</sup> de vinaza	10	Arena Franca	CP88-1165	3	91.04
5	San José Miramar	201	Cosecha manual +20 m <sup>3</sup> de vinaza	8	Franco Arenoso	CP88-1165	4	90.69
6	El Bálsamo	803	Cosecha manual +vinaza diluida	2	Franco Arenoso	CP73-1547	3	95
7	Las Ilusiones	301	Cosecha manual +sin vinaza	6	Franco Arenoso	CP73-1547	3	103.56
8	Pantaleón	1402	Cosecha manual +cachaza	8	Franco Arenoso	CP73-1547	3	112.47

**Tipo de Suelo:**

**2:** Andisoles profundos, bien drenados que presentan erosión ligera

**3:** Mollisoles Secos, de textura gruesa, moderadamente profundos y muy permeables

**6:** Suelos Andisoles moderadamente profundos, con relieve ligeramente inclinados susceptibles a la erosión

**8:** Andisoles Superficiales, limitados por la presencia de talpetate

**10:** Suelos Entisoles con muy baja retención de agua, limitados por la presencia de capas de arena en el perfil.

Fuente: Elaboración propia

#### **2.4.6 Análisis estadístico**

Los resultados del número de individuos de la mesofauna por repetición y número de nematodos en 100 g de suelo, se le extrajo la raíz cuadrada para ser analizados estadísticamente, posteriormente realizando un análisis de varianza considerando cada área de estudio como tratamiento, en ocho repeticiones, según diseño estrictamente al azar.

Al encontrar diferencias significativas se procedió a realizar una prueba de medias de Scott Knott ( $\alpha=0.05$ ).

Así mismo para evaluar la composición y la distribución de los grupos funcionales de la mesofauna, fue estimada la abundancia relativa así como los índices de diversidad (Riqueza de grupos, índices de diversidad Shannon, Simpson y Berger Parker). (Alfaro, 2014).

La comunidad de nematodos fue analizada mediante la abundancia relativa de las familias o géneros identificadas (%) así como, por la proporción relativa de los grupos de bacteriófagos, fitófagos, micófagos, omnívoros y predadores. Se determinaron también los índices de diversidad y dominancia trófica.

## 2.5 RESULTADOS

Las fincas en las cuales se realizó el muestreo de mesofauna y nematodos fueron Bálsamo, Limones S.A., Limones Pantaleón, Churubusco, Ilusiones, San José Miramar, Pantaleón en las cuales se obtuvieron 8 muestras por lote, como se presenta en los cuadros 8 y 9. Los puntos de muestreo de las fincas se muestran en las figuras 12 a 19.

**Cuadro 8. Puntos de muestreo de fincas evaluadas de los primeros cuatro tratamientos en Ingenio Pantaleón, 2014.**

Tratamiento	Desc. Tratamiento	Finca	Lote	Repetición	Coordenadas UTM
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R1	15 P 705499 1559285
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R2	15 P 705449 1559280
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R3	15 P 705381 1559251
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R4	15 P 705295 1559218
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R5	15 P 705211 1559220
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R6	15 P 705176 1559274
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R7	15 P 705122 1559230
1	CV+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones S.A.	3601	R8	15 P 705073 1559269
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R1	15 P 705596 1561508
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R2	15 P 705618 1561541
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R3	15 P 705663 1561537
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R4	15 P 705680 1561495
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R5	15 P 705700 1561535
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R6	15 P 705718 1561494
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R7	15 P 705724 1561530
2	CV+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1401	R8	15 P 705745 1561488
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R1	15 P 710303 1563111
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R2	15 P 710369 1563097
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R3	15 P 710465 1563280
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R4	15 P 710436 1563375
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R5	15 P 710376 1563275
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R6	15 P 710327 1563371
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R7	15 P 710241 1563421
3	CM+10 m <sup>3</sup> de Vinaza	Limones Pantaleón	2801	R8	15 P 710245 1563501
4	CM+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R1	15 P 706617 1562417
4	CM+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R2	15 P 706662 1562417
4	CM+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R3	15 P 706755 1562420
4	CM+ 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R4	15 P 706842 1562404
4	CM+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R5	15 P 706898 1562565
4	CM+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R6	15 P 706875 1562662
4	CM+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R7	15 P 706817 156266
4	CM+2 m <sup>3</sup> de Vinaza	Agropecuaria Churubusco	1102	R8	15 P 706779 1562673

Fuente: Elaboración propia

CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha Manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

**Cuadro 9. Puntos de muestreo de fincas evaluadas de los últimos cuatro tratamientos en Ingenio Pantaleón, 2014.**

Tratamiento	Desc. Tratamiento	Finca	Lote	Repetición	Coordenadas UTM
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R1	15 P 683482 1559269
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R2	15 P 7195221580772
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R3	15 P 719472 1580663
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R4	15 P 719517 1580663
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R5	15 P 719614 1580846
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R6	15 P 719657 1580817
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R7	15 P 719643 1580672
5	CM+20 m <sup>3</sup> de Vinaza	San José Miramar	201	R8	15 P 719680 1580668
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R1	15 P 714644 1578427
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R2	15 P 714655 1578344
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R3	15 P 714749 1578502
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R4	15 P 714769 1578445
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R5	15 P 714721 1578621
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R6	15 P 714707 1578701
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R7	15 P 714593 1578659
6	CM + Vinaza Diluida	El Bálsamo	803	R8	15 P 714778 1578534
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R1	15 P 714116 1586358
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R2	15 P 714112 1586325
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R3	15 P 714073 1586356
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R4	15 P 714054 1586313
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R5	15 P 713944 1586366
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R6	15 P 713868 1586425
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R7	15 P 713947 1586471
7	CM+ Sin Vinaza	Las Ilusiones	301	R8	15 P 713912 1586506
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R1	15 P 716949 1584855
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R2	15 P 717011 1584823
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R3	15 P 716931 1584793
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R4	15 P 716975 1584772
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R5	15 P 716942 1584721
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R6	15 P 7169111584721
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R7	15 P 716939 1584679
8	CM + Cachaza	Pantaleón	1402	R8	15 P 716885 1584678

CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha Manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

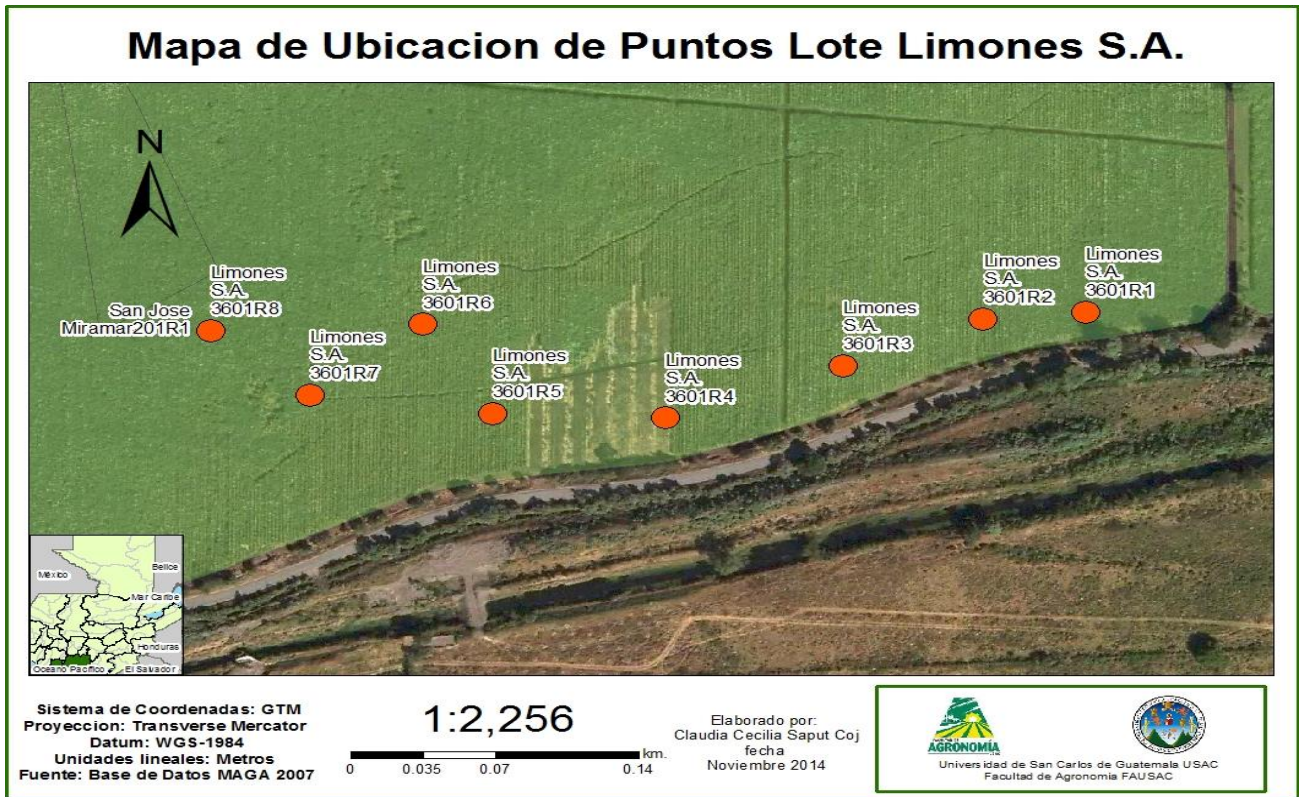


Figura 13: Mapa de Ubicación del Tratamiento 1 Finca Limones S.A.

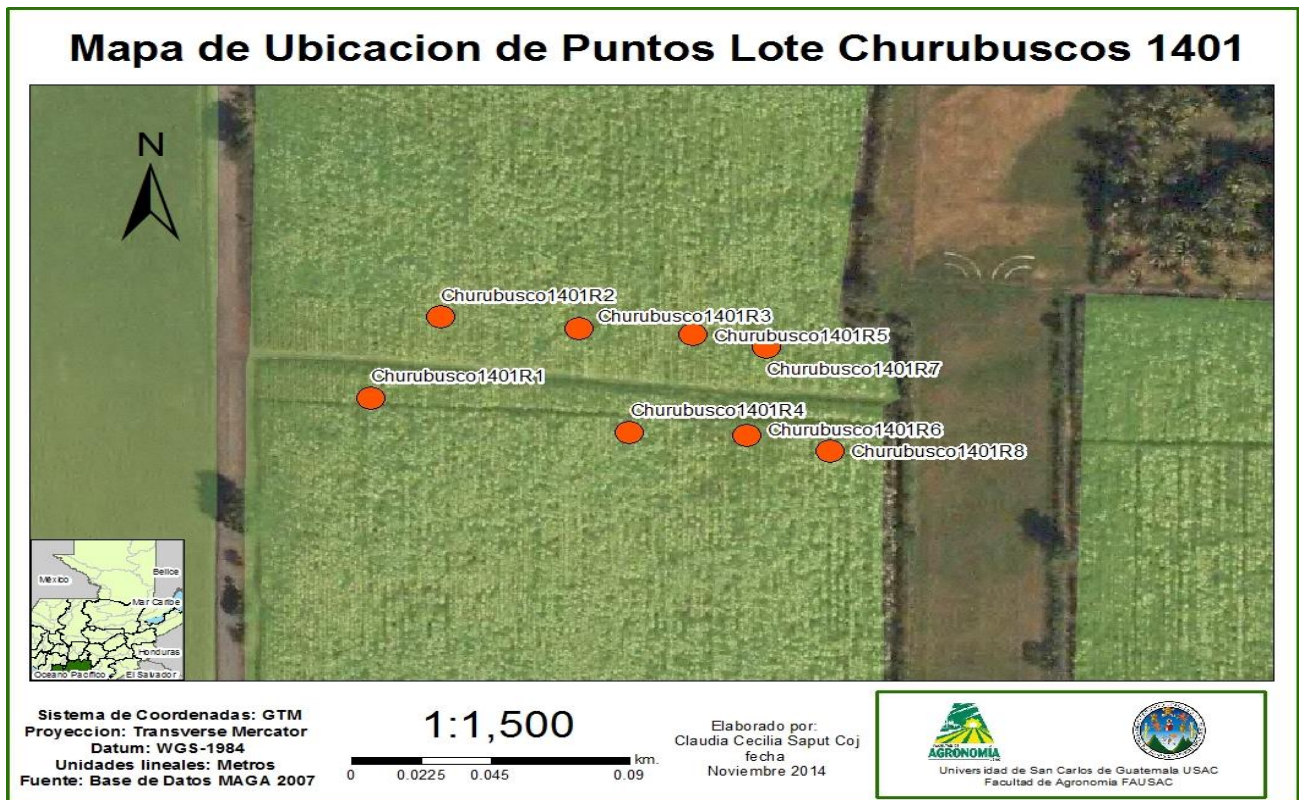


Figura 14. Mapa de ubicación del Tratamiento 2 Finca Churubusco



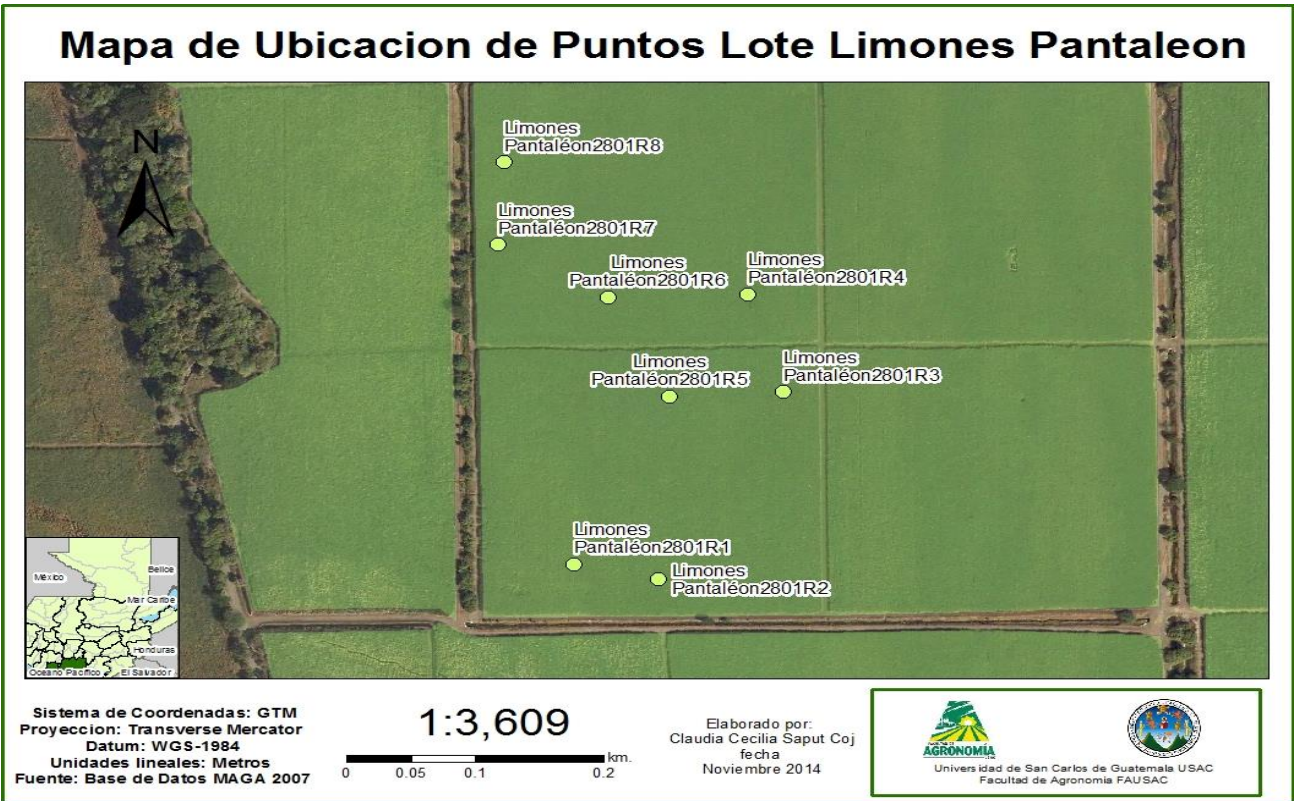


Figura 15. Mapa de Ubicación del Tratamiento 3 Finca Limones



Figura 16. Mapa de Ubicación del Tratamiento 4 Finca Churubusco

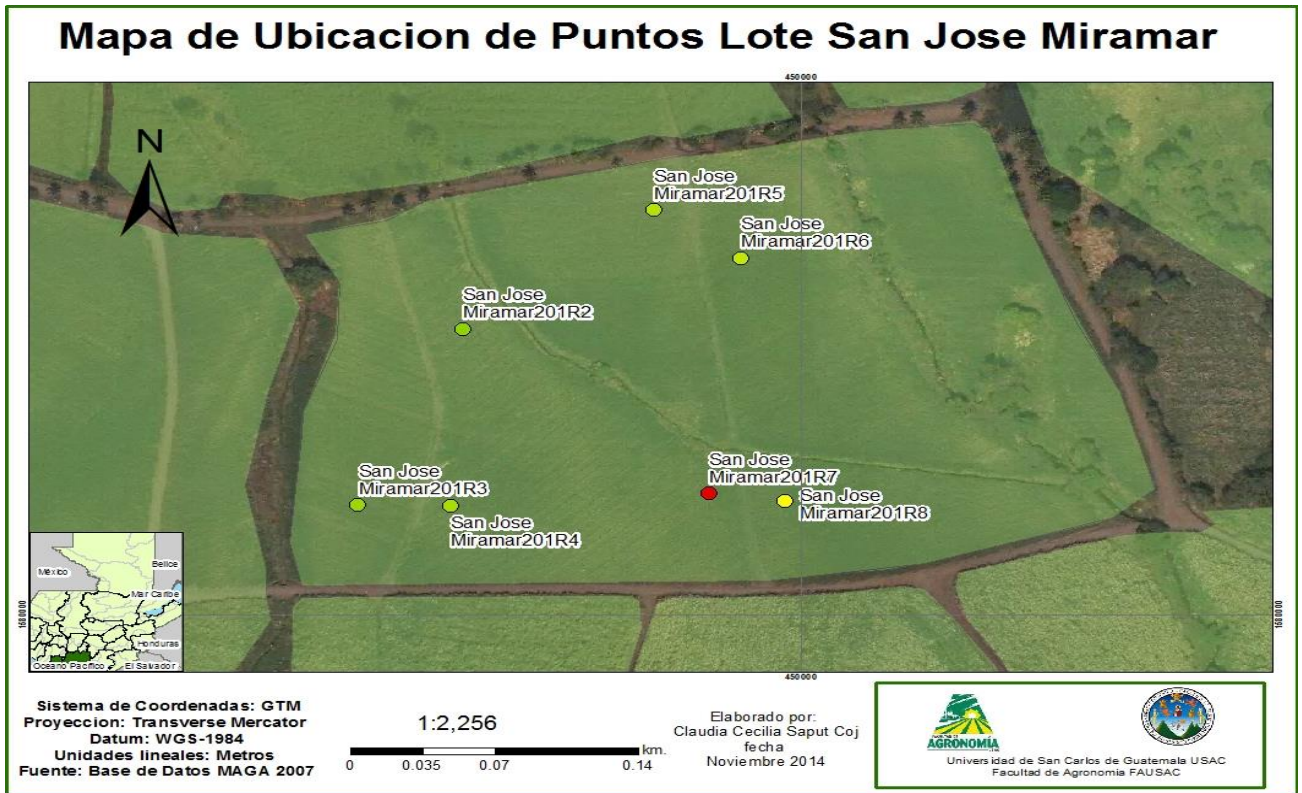


Figura 17. Mapa de Ubicación del Tratamiento 5 Finca San José Miramar

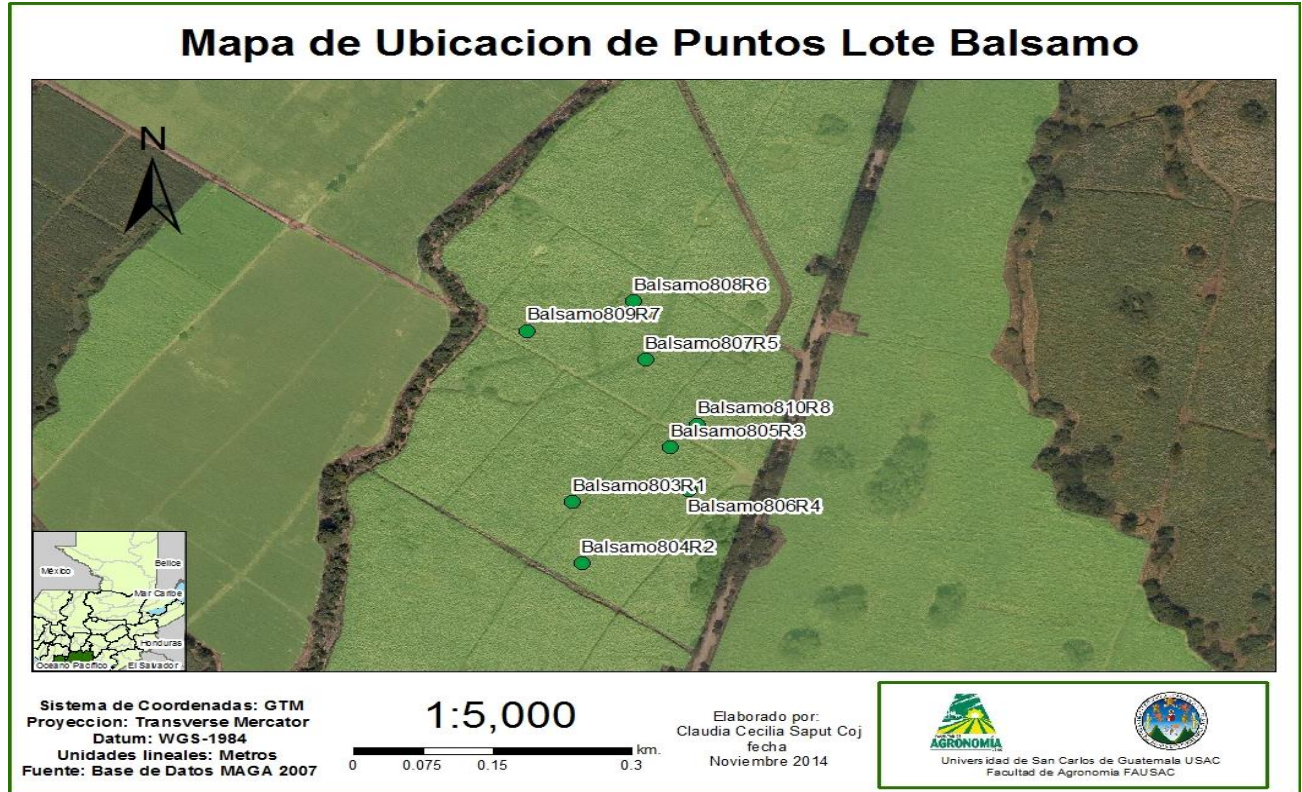
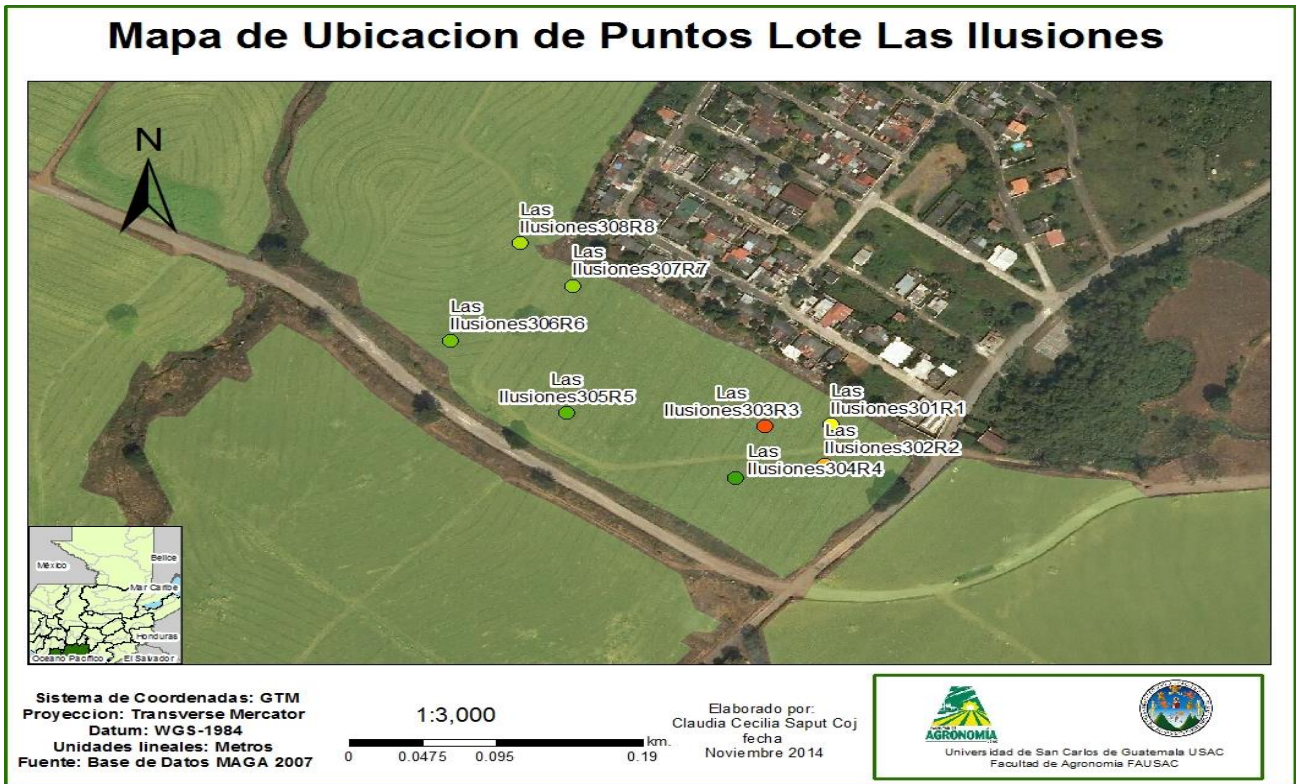
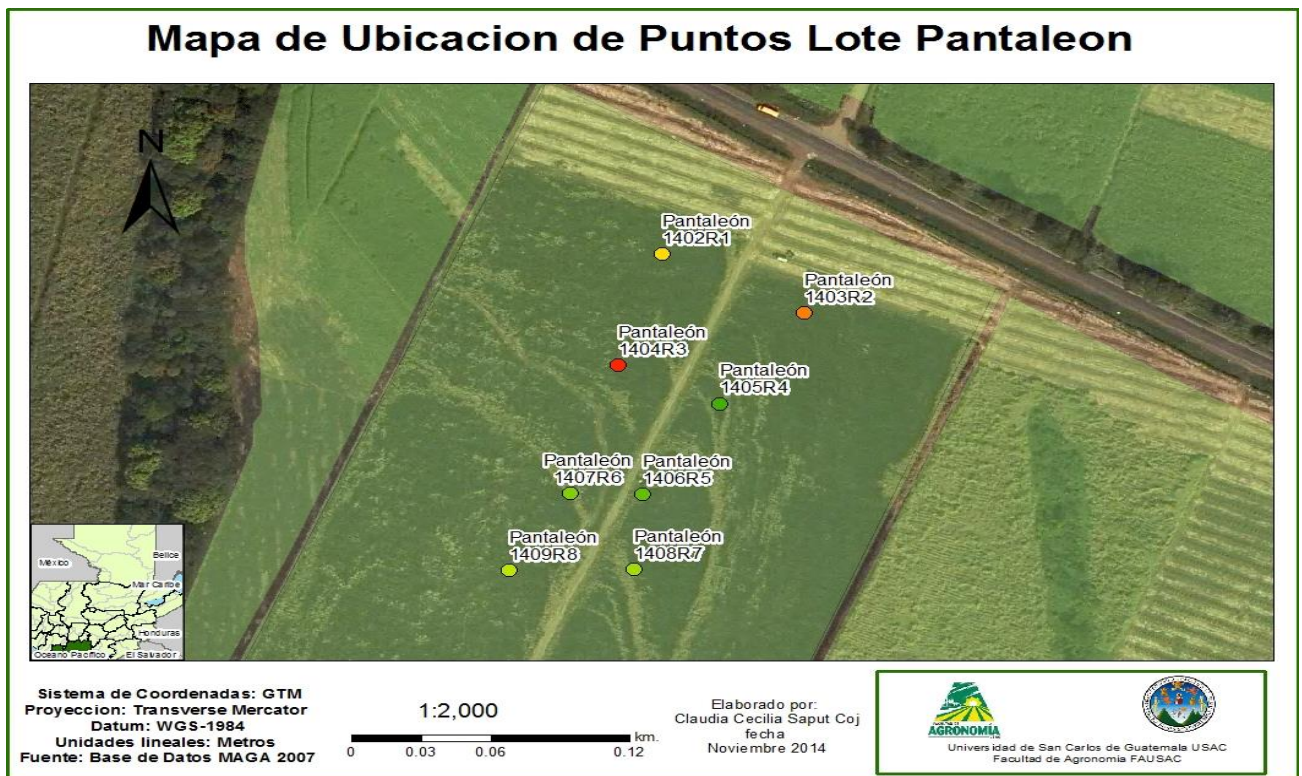


Figura 18. Mapa de Ubicación del Tratamiento 6 Finca El Bálsamo



**Figura 19. Mapa de Ubicación del tratamiento 7 Finca Las Ilusiones**



**Figura 20. Mapa de Ubicación del Tratamiento 8 Finca Pantaleón**

Los resultados obtenidos de los tratamientos evaluados, se analizan y discuten de acuerdo a los indicadores biológicos de la calidad de suelo (mesofauna y nematodos).

## **2.5.1 Mesofauna del Suelo**

### **2.5.1.1 Número de individuos y grupos taxonómicos**

De los diferentes tratamientos evaluados en el cultivo de caña de azúcar se obtuvo un número promedio de individuos de la mesofauna, siendo el tratamiento 4 el de menores individuos (23.6) y el tratamiento 1 el de mayor cantidad promedio de individuos por muestra (97.3). La estimación de individuos/m<sup>2</sup> se situó entre 4,725 en el tratamiento 4 de cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza y 19,450 individuos/m<sup>2</sup> en el tratamiento 1 de cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza.

En el cuadro 10, se muestran los resultados del conteo de individuos de la mesofauna del suelo y el número de grupos taxonómicos los cuales fueron sumamente bajos, variando en un promedio de 3.6 a 6.6 por muestra, analizados en las ocho repeticiones de cada tratamiento. Así mismo se obtuvo la totalidad de grupos taxonómicos que vario de 6 a 11, siendo el tratamiento 6 el de menor grupo y los tratamientos 1, 3 y 8 que obtuvieron altos grupos taxonómicos.

Como se observa en el cuadro 10, el menor número de individuos por muestra se encontró en el tratamiento 4, que corresponde a la cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza, en tanto el mayor número de individuos fue obtenido en el tratamiento de cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza. Al parecer la cosecha en verde con aplicación de un volumen medio de vinaza estimuló la presencia de la mesofauna, sin embargo, esto no fue observado en el tratamiento de cosecha en verde con un volumen de 2m<sup>3</sup> de vinaza. Datos intermedios de individuos de la mesofauna fueron observados en el tratamiento 1, de cosecha manual con 10m<sup>3</sup> de vinaza y en este mismo sistema con aplicación de 20 m<sup>3</sup> de vinaza, lo cual conduce a deducir que la vinaza fue hasta cierto punto estimulante de la presencia de organismos de la mesofauna.

**Cuadro 10. Número de individuos de la mesofauna del suelo y número de grupos taxonómicos.**

No. Tratamiento	Descripción	Promedio por muestra		m2	No. de grupos taxonómicos totales
		No. De Individuos	No. De grupos	No. De Individuos	
1	CV con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	97.3	6.6	19,450	11
2	CV con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	24.5	4.4	4,900	7
3	CM con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	47.5	5.3	9,500	11
4	CM con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	23.6	4	4,725	9
5	CM con 20 m <sup>3</sup> de Vinaza	44.6	3.6	8,925	8
6	CM con Vinaza diluida	40.9	3.8	8,175	6
7	CM sin Vinaza	40	4.5	8,000	10
8	CM con Cachaza	41.8	5.6	8,350	11

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

En el cuadro 11, presenta los resultados del análisis de varianza realizado para el número de individuos de la mesofauna.

**Cuadro 11. Análisis de varianza realizado para el número de individuos de la mesofauna**

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	108.26	7	15.47	4.86	0.0002
Tratamiento	108.26	7	15.47	4.86	0.0002
Error	178.19	56	3.18		
Total	286.45	63			

El valor de p (0.0002), indica si la diferencia entre tratamientos es o no estadísticamente significativa. En este caso particular, demuestra que es altamente significativa, debido a que cuando no hay ninguna diferencia el valor de p debería ser mayor o igual a 0.05.

Dado que existe una diferencia altamente significativa, se procedió a realizar la prueba de Scott & Knott para el número de individuos de la mesofauna del suelo, para determinar

que tratamientos presentan medias diferentes y cuales forman un mismo grupo. Los resultados se presentan en el cuadro 12.

**Cuadro 12. Prueba de Scott & Knott evaluando el número de individuos de la mesofauna para cada tratamiento**

Tratamiento	Medias	n	Comparador	Grupo
CV con 10 m <sup>3</sup> VIIN	9.32	8	0.63	A
CM con 20 m <sup>3</sup> VIN	6.62	8	0.63	B
CM con 10 m <sup>3</sup> VIN	6.43	8	0.63	B
CM con CACHAZA	6.40	8	0.63	B
CM con VIN Diluida	6.26	8	0.63	B
CM SIN VIN	6.26	8	0.63	B
CV con 2 m <sup>3</sup> VIN	4.89	8	0.63	B
CM con 2 m <sup>3</sup> VIN	4.77	8	0.63	B

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

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; VIN; Vinaza; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

El tratamiento de cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza mostro la mayor abundancia de individuos identificados en la mesofauna siendo estadísticamente significativo con la letra (A) presentando una media de 9.32, respecto a los demás tratamientos evaluados.

En el cuadro 13, se muestra el análisis de varianza realizado para los grupos taxonómicos, utilizando el valor de p (0.0163) el cual indica que los tratamientos evaluados presentan diferencia significativa.

**Cuadro 13. Análisis de varianza efectuado para los grupos taxonómicos de la mesofauna**

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	3.12	7	0.45	2.73	0.0163
Tratamiento	3.12	7	0.45	2.73	0.0163
Error	9.13	56	0.16		
Total	12.26	63			

Tratamientos con  $p < 0.05$  presentan diferencias altamente significativas

Siendo el valor de  $p < 0.05$  se realizó la prueba de Scott & Knott para los grupos taxonómicos (Cuadro 14). Para evaluar una diferencia estadística entre los tratamientos.

**Cuadro 14. Prueba de Scott & Knott realizada para los grupos taxonómicos de la mesofauna**

Tratamiento	Medias	n	Comparador	Grupo
CV con 10 M <sup>3</sup> VIIN	2.54	8	0.14	A
CM con CACHAZA	2.35	8	0.14	A
CM con 10 M <sup>3</sup> VIN	2.26	8	0.14	A
CV con 2 M <sup>3</sup> VIN	2.08	8	0.14	B
CM SIN VIN	2.07	8	0.14	B
CM con 2 M <sup>3</sup> VIN	1.95	8	0.14	B
CM con VIN Diluida	1.92	8	0.14	B
CM con 20 M <sup>3</sup> VIN	1.85	8	0.14	B

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; VIN; Vinaza; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

Como se observa, los tratamientos presentaron diferencia estadística al ser agrupadas las medias, en diferentes grupos. El tratamiento de cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza, mostró una mayor abundancia de grupos taxonómicos (Media=2.54), al igual de abundante respecto al número de individuos, siendo los tratamientos de cosecha manual con cachaza (Media=2.35 A), cosecha manual con 10 m<sup>3</sup> de vinaza (Media=2.26 A) estadísticamente iguales, los cuales registran el mayor número de grupos taxonómicos identificados, el tratamiento de cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza presentó el promedio más alto de grupos (2.54), esto debido a que la cosecha en verde deja mayor cantidad de hojas en el suelo, con el transcurso de tiempo se convierte en materia orgánica que es incorporada y aprovechada por los individuos de la mesofauna.

### 2.5.1.2 Distribución de las comunidades de la mesofauna del suelo

Además de su abundancia, la mesofauna está constituida por un grupo muy diverso de especies. En los estratos, los ácaros y colémbolos son los más abundantes, ocupando el horizonte superficial del suelo (10 cm de profundidad).

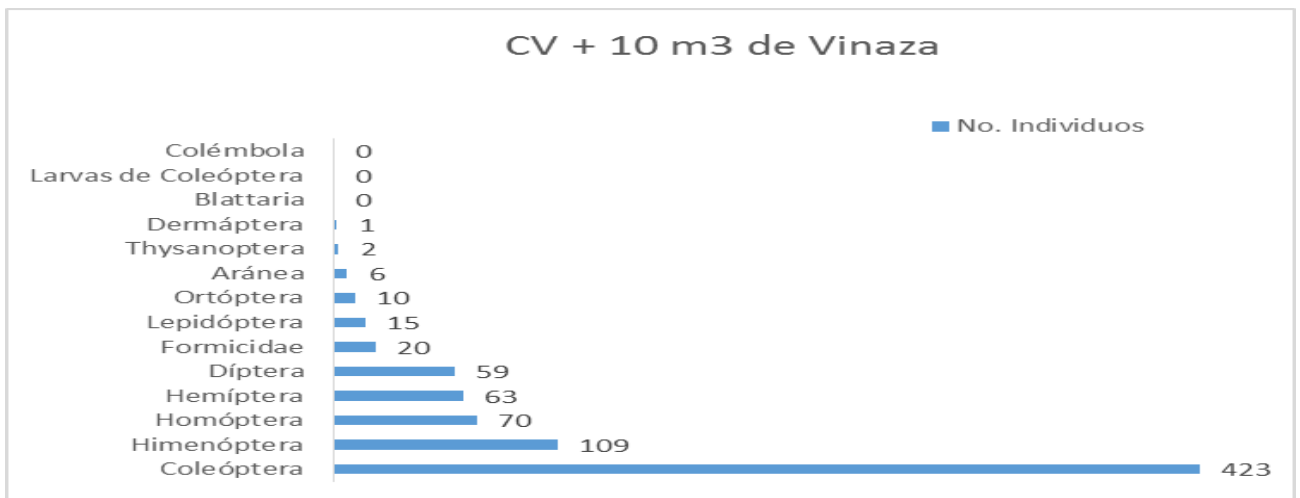
Su distribución en el suelo muestra gran variación espacial, influenciada por las condiciones climáticas, principalmente temperatura y precipitación, así como el tipo de suelo y manejo, tipo de residuos, y la intervención humana son factores que afectan la distribución, estructura y composición de las comunidades (Bardgett y Cook, 1998).

Por lo tanto, es de esperarse que la diversidad de los artrópodos en los sistemas de monocultivo, como el caso de la caña de azúcar, está dominada por pocos grupos o especies, en función de un único o por lo menos de un tipo de residuo predominante.

Como se muestra en las figuras de la 22 a la 28, las diferentes formas de aplicación de vinaza (Vinaza 10 m<sup>3</sup>, Vinaza 2 m<sup>3</sup> y Vinaza diluida), sin vinaza y cachaza evaluados en cada uno de los tratamientos, fue predominante la presencia de una especie dentro del orden coleóptera (Curculionidae), como se observa en la figura 21, clasificado como fitófago en función a su aparato bucal.

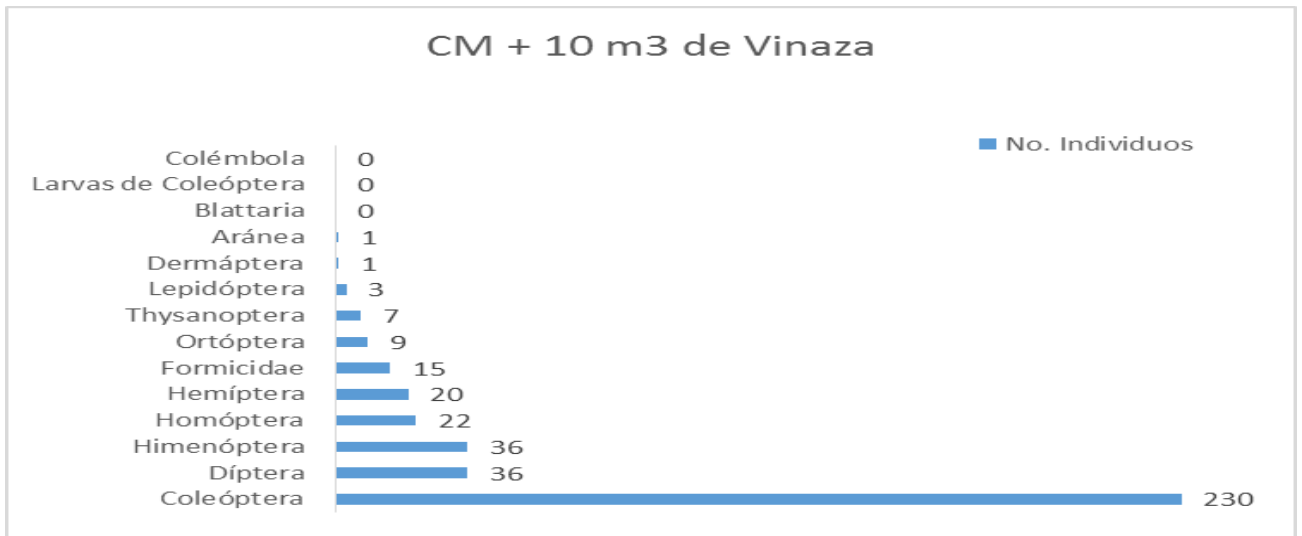


**Figura 21. Especie Curculionidae, orden coleóptera**

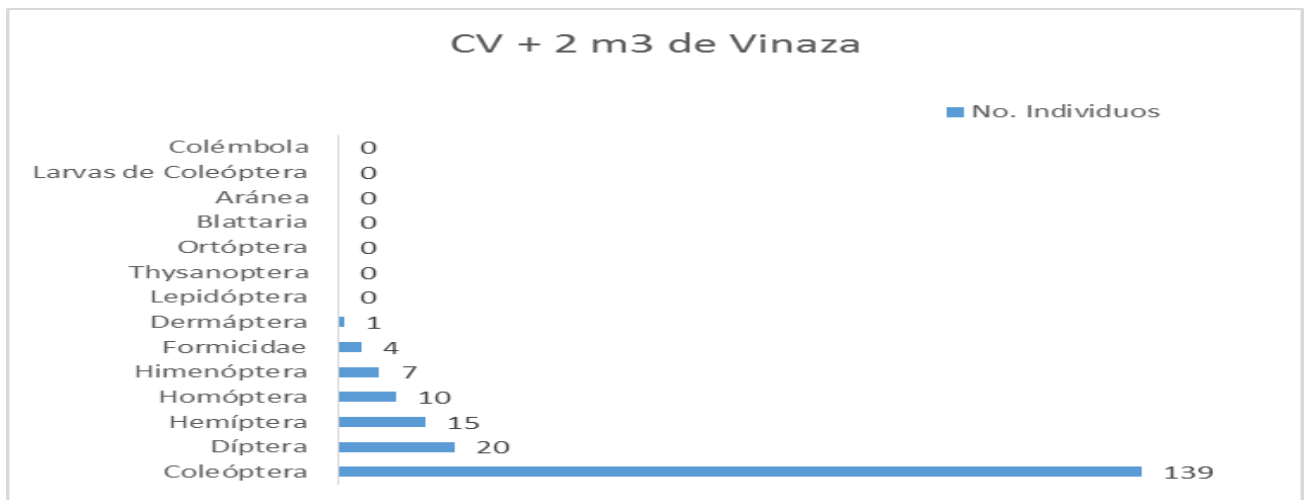


**Figura 22. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> con vinaza**

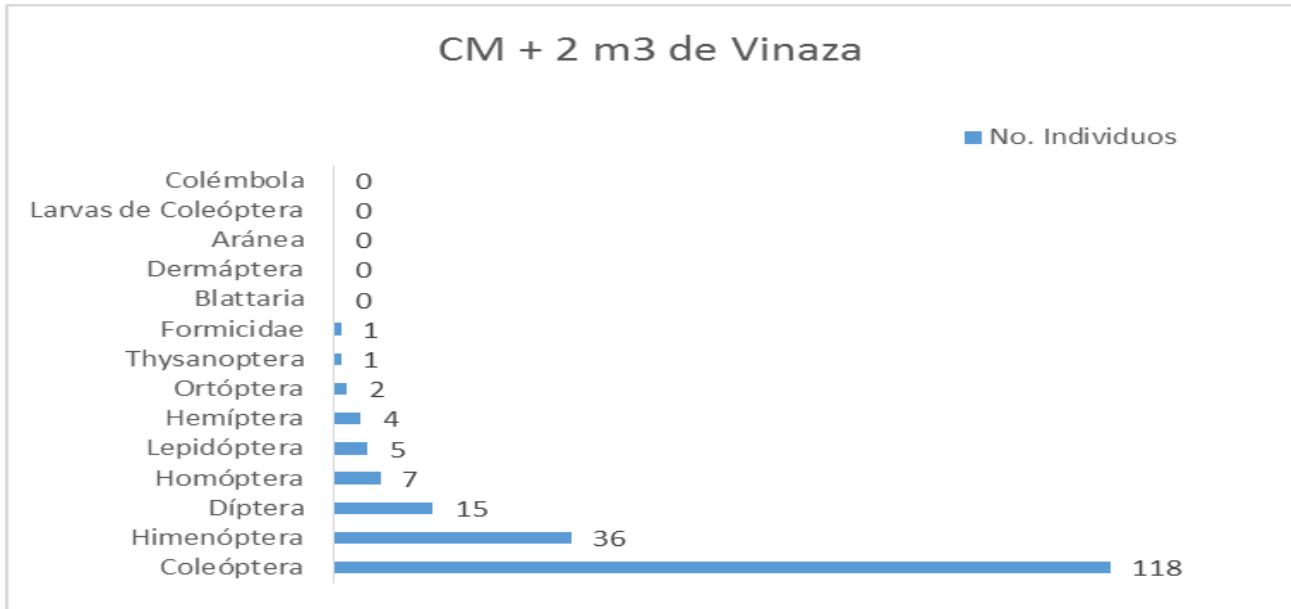




**Figura 23. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha manual con 10 m<sup>3</sup> de vinaza**



**Figura 24. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza**

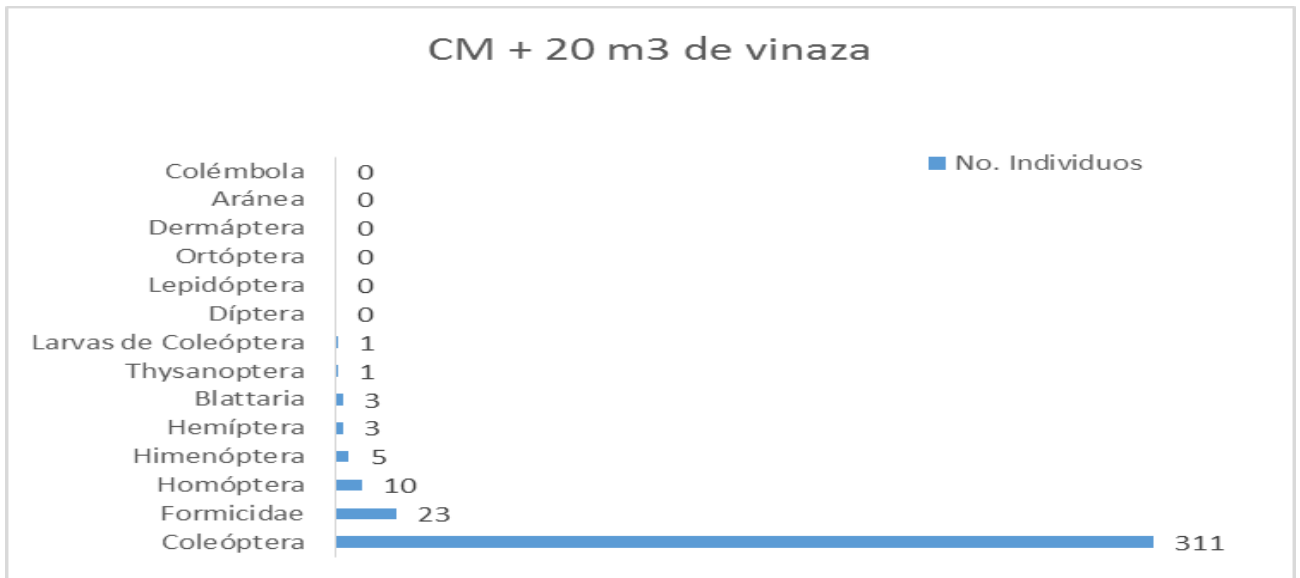


**Figura 25. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza**

En la figura 22 y 23, se muestra el total de individuos colectados de los tratamientos cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza (423 individuos) y cosecha manual con 10 m<sup>3</sup> de vinaza (230 individuos), observase que el número de individuos en la cosecha manual con 10 m<sup>3</sup> de vinaza disminuyeron 193 individuos, siendo el mismo volumen de vinaza, que nos indica que existe una relación del orden coleóptera con el sistema de cosecha (cosecha en verde) ya que tiene una mayor incorporación de residuos (basura de caña) que se quedan en el suelo para posteriormente convertirse en materia orgánica que favorece a los individuos de la mesofuana que habitan en las primeras capas del suelo (10 cm), como la especie Curculionidae perteneciente al orden Coleóptera. Sin embargo, la cosecha manual donde no hay una compactación del suelo por causa del sistema mecanizado las poblaciones de los grupos taxonómicos disminuye en comparación a la cosecha en verde, debido a que al momento de la quema del cañal la temperatura aumenta en el suelo, afectando a los organismos que se encuentran en los primeros centímetros de suelo.

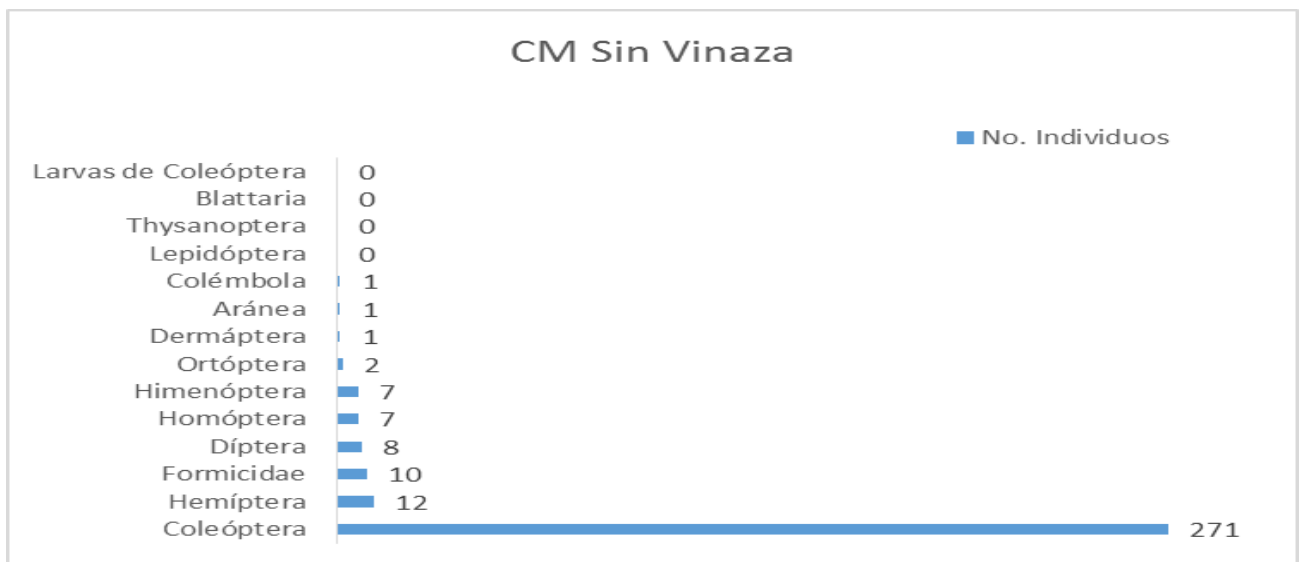
Como se observa en la figura 24, del tratamiento de cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza y en la figura 25, del tratamiento de cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza, el orden que predomina es Coleóptera con la Especie Curculionidae clasificado como fitófago en los dos tratamientos, siendo el tratamiento cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza el de mayor número de individuos (139) Individuos a comparación del tratamiento de cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza (118 individuos), con el mismo volumen de vinaza pero diferente sistema de cosecha el cual se relaciona con la mesofauna del suelo. Sin embargo el orden Díptera no ocupa los primeros centímetros de la capa del suelo (10 cm), los individuos encontrados en los tratamientos cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza (20 individuos) y cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza (36 individuos) debieron caer al momento en que las muestras fueron dejadas en el extractor, que por la luz emitida atraía a los individuos del orden Díptera en el frasco con alcohol.

La figura 26, muestra los grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha manual con 20 m<sup>3</sup> de vinaza, el cual predominó el Orden Coleóptera (311 individuos) con la especie Curculionidae clasificado como fitófago, seguidamente con un número menor (23 individuos) el orden Formicidae, siendo la cosecha manual con 20 m<sup>3</sup> que muestra un comportamiento diferente al resto de los lotes muestreados con una diferencia respecto al orden Homóptera (10 individuos), el elevado número de individuos del orden formicidae puede ser en relación a la interacción de los residuos de la cosecha manual ya que el alto volumen de vinaza (20 m<sup>3</sup>) disminuye la población de los organismos del suelo. Según Alfaro 2014, a mayor cantidad de vinaza reduce la disponibilidad de nitrógeno en el suelo debido a una fijación pronunciada en función del crecimiento acelerado de microorganismos y una fuerte desnitrificación debido a las condiciones anaeróbicas prevalecientes.



**Figura 26. Número de individuos de grupos taxonómicos del tratamiento de cosecha manual con 20 m<sup>3</sup> de vinaza**

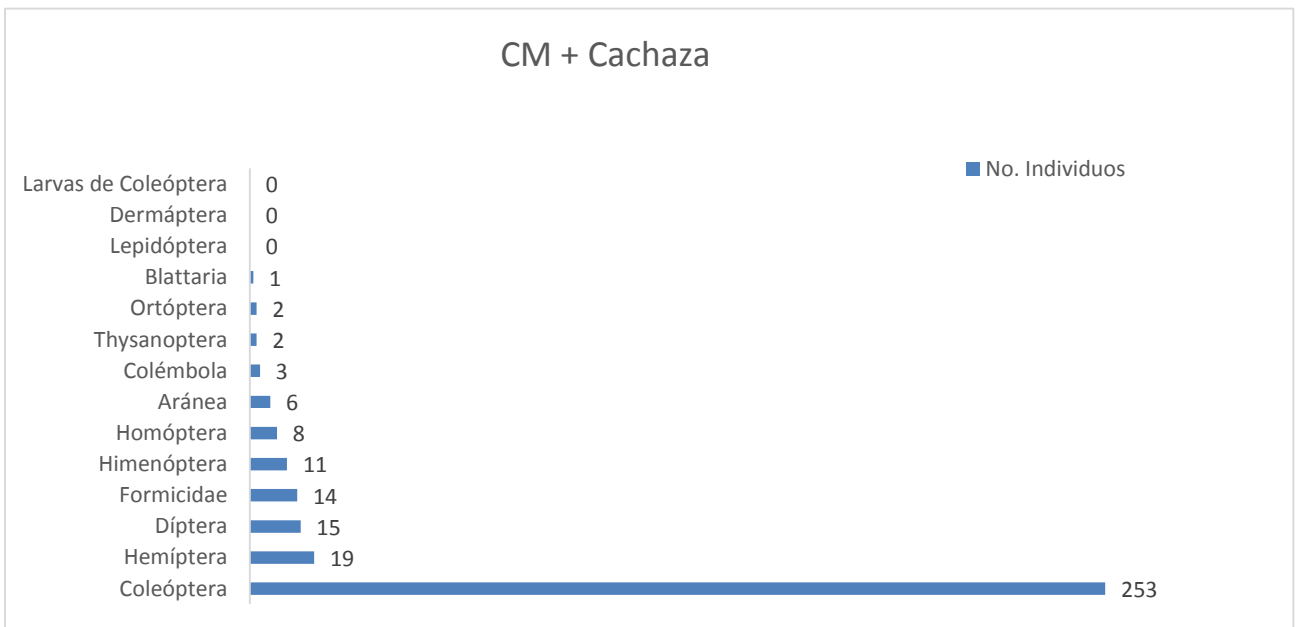
En la figura 27, se presentan los resultados del tratamiento de cosecha manual sin vinaza.



**Figura 27. Número de individuos de grupos taxonomicos del tratamiento de cosecha manual sin vinaza**

En la figura 27, se observa que el orden coleóptera (271 individuos), es el de mayor predominancia respecto a los demás grupos taxonómicos, esto debido a la especie Curculionidae clasificado como fitófago, en el tratamiento donde el suelo no ha sido aplicado con vinaza se observó que los individuos del orden coleóptera sigue el mismo comportamiento de los tratamientos donde se aplicó diferentes volúmenes de vinaza al suelo, por lo cual la interacción de los organismos es mayor, respecto al sistema de cosecha en verde.

En la figura 28, se presentan los resultados del tratamiento de cosecha manual con cachaza



**Figura 28. Número de individuos de grupos taxonomicos del tratamiento de cosecha manual con cachaza**

En esta figura (28), se observa que el orden coleóptera (253 individuos), es el de mayor predominancia con la especie Curculionidae, habiéndose dado una incorporación de materia orgánica en estos suelos, se hubiera esperado que tuviera un mayor número de individuos y diversidad de órdenes que ayuden en el proceso de desintegración, ya que la materia orgánica contenida en la cachaza se convierte en un alimento fundamental para los organismos del suelo.

En el tratamiento de cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza, la presencia de ésta especie Curculionidae, sobresalió sobre los demás grupos encontrados, incidiendo en el número

de individuos, sin embargo, esto no se reflejó en mayor índice de dominancia (cuadro 17), en razón de la presencia de insectos sociales y otros fitófagos. Coleópteros curculiónidos que han sido reportados como dañinos para el cultivo de caña de azúcar en Argentina (Pérez *et al.*, 2012).

En la figura 28, el segundo grupo de mayor presencia en todas las muestras, estuvo constituido por individuos del orden hemíptera, siendo su presencia errática en el suelo, posiblemente cayendo accidentalmente en las trampas de colecta.

Otros individuos presentes como se observa en la figura 28, en todas las muestras pertenecieron a los órdenes Himenoptera, Homoptera, Díptera y familia Formicidae.

En ninguna de las muestras, fue detectada la presencia de organismos que son reconocidos por su participación en los procesos de desintegración de residuos en el suelo, dentro de ellos, especies correspondientes a los órdenes Acari, Isópoda, Diplura, Diplopoda, Chilopoda, Isóptera y Oligochaeta. Los colémbolos no fueron encontrados en ninguna de las áreas con aplicación de vinaza en cuanto una baja incidencia de estos organismos fue reportado en las área sin vinaza y con aplicación de cachaza.

El cuadro 15, muestra el total de individuos colectados en las áreas de muestreo por cada tratamiento evaluado, los muestreos realizados en los lotes de producción se realizaron en los meses de Mayo y Junio al comienzo de la época lluviosa, así mismo se encontraron lotes cosechados desde un mes a cuatro meses, en los cuales los volúmenes de vinaza se aplicaron a los 40 a 45 días después de la siembra cuando es plantía, al igual cuando es soca el muestreo pudo no ser representativo en la interacción de cosecha/vinaza en relación a la mesofauna del suelo por el tiempo de aplicada la vinaza y no siendo representativo en la población de organismos, por lo cual al realizar un muestreo a los 50 días con la vinaza aplicada a los 45 días después de la cosecha/siembra, daría otros valores de los organismos ya que la interacción cosecha/vinaza sería mayor y las muestras en los lotes de producción serían representativas en relación a la mesofauna del suelo. Observase que el número de individuos varió entre 189 (cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza), a 778 (cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza), como sumatoria del total de 8 muestras colectadas por tratamiento.

En relación a los artrópodos que se alimentan de hongos y que son un eslabón importante dentro de la cadena alimenticia, solo fueron encontrados de 4 individuos del orden colémbolo, aunque aquí también miembros de la familia Formicidae podrían estar incluidos, pero con hábito de alimentación diferente.

**Cuadro 15. Número de individuos de los grupos taxonómicos encontrados en las muestras colectadas por cada tratamiento**

Órdenes	CV con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	CV con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con 20 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con Vinaza diluida	CM sin Vinaza	CM con Cachaza
Díptera	59	20	36	15	0	4	8	15
Hemíptera	63	15	20	4	3	13	12	19
Homóptera	70	10	22	7	10	11	7	8
Lepidóptera	15	0	3	5	0	0	0	0
Coleóptera	<b>423</b>	<b>139</b>	<b>230</b>	<b>118</b>	<b>311</b>	<b>291</b>	<b>271</b>	<b>253</b>
Thysanoptera	2	0	7	1	1	0	0	2
Ortóptera	10	0	9	2	0	0	2	2
Blattaria	0	0	0	0	3	0	0	1
Dermáptera	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	0	0	0	<b>1</b>	0
Aránea	6	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>1</b>	6
Larvas de Coleóptera	0	0	0	0	1	0	0	0
Himenóptera	109	7	36	36	5	3	7	11
Formicidae	20	4	15	<b>1</b>	23	5	10	14
Colémbola	0	0	0	0	0	0	1	3
<b>Total</b>	<b>778</b>	<b>196</b>	<b>380</b>	<b>189</b>	<b>357</b>	<b>327</b>	<b>320</b>	<b>334</b>

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

En el cuadro 15, el tratamiento de cosecha en verde con 10m<sup>3</sup> de vinaza, el orden con mayor presencia de individuos fue Coleóptera (423) y el menor fue Dermáptera (1). El tratamiento dos, cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza, tuvo una dominancia de presencia del orden Coleoptera (139), y el de menor presencia fue Dermáptera (1); en el tratamiento de cosecha manual con 10m<sup>3</sup> de vinaza tuvo una presencia mayor del orden coleóptera con (230) y el menor Dermáptera y Aránea con una población de individuos de (1).

En el cuadro 15, en el tratamiento de cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza, el orden coleóptera sobresalió con 118 individuos y el de menor fue Formicidae con 1, el tratamiento de cosecha manual con 20m<sup>3</sup> de vinaza, el orden coleóptera tuvo las mayores cantidades de individuos (311) y el de menor presencia (1) fueron los órdenes Thysanoptera y Larvas de coleóptera. En el tratamiento cosecha manual con vinaza diluida el orden coleóptera tuvo 291 individuos y el orden Thysanoptera con 1 individuo, teniendo la menor presencia; seguidamente el tratamiento cosecha manual sin vinaza tuvo la presencia de 271 del orden Coleóptera y los órdenes Dermáptera, Aránea y Colémbolo tuvieron la menor presencia con 1.

Para terminar, en el cuadro 16, se muestran los resultados del tratamiento cosecha manual con cachaza. En el mismo, se observa la Abundancia Relativa de los individuos colectados en cada tratamiento. Siguiendo el mismo orden coleóptera sobresale en las cantidades encontradas. Obsérvese que la Abundancia Relativa el orden coleóptera tuvo un rango de 54% (cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza), a 89% (cosecha manual con vinaza diluida), siendo cada tratamiento en abundancia al 100%. En el tratamiento de cosecha manual con cachaza, el orden coleóptera obtuvo la mayor abundancia relativa 76% y el orden Blattaria fue el de menor abundancia con 1%.

En la figura 29, se muestra el comportamiento de la comunidad en base a grupos funcionales, observándose la predominancia de fitófagos, entre ellos individuos de los órdenes Hemíptera, Homóptera y Coleóptera (Especie: Curculionidae), en este último orden estimándose en base a un 70 % de incidencia de una sola especie de coleóptero curculiónido, claramente fitófago en función de su aparato bucal.

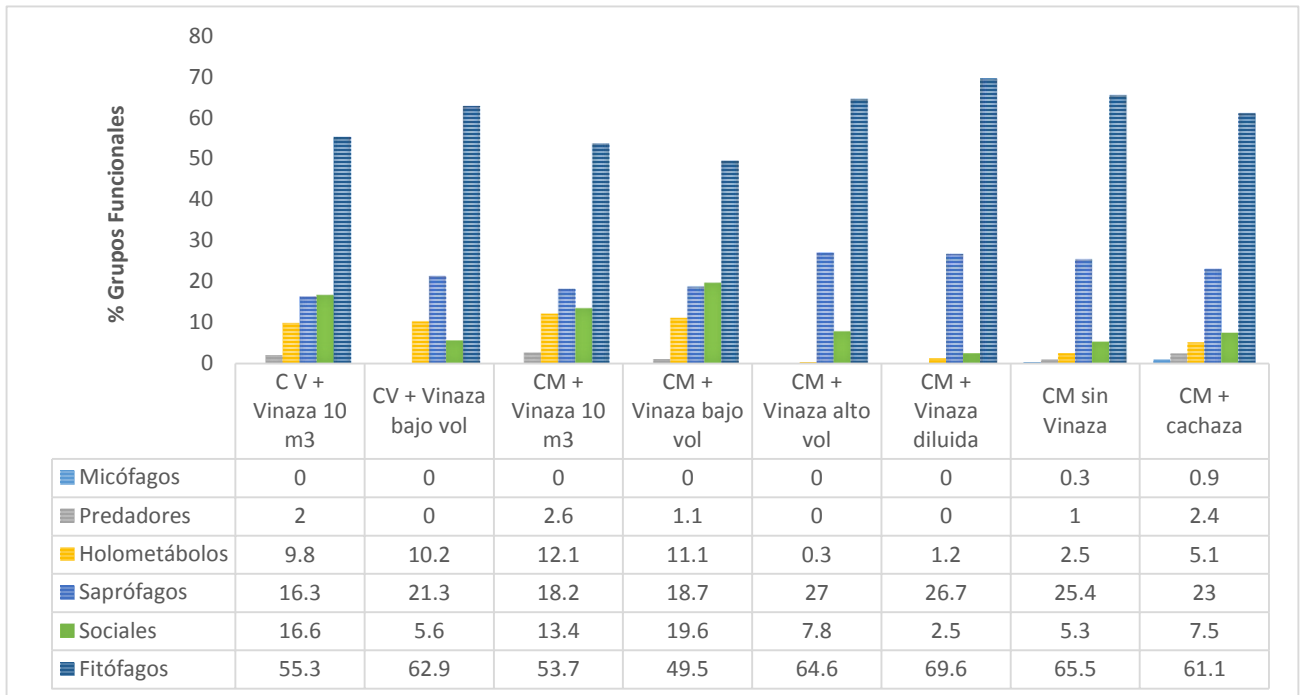


**Cuadro 16. Abundancia relativa de los órdenes de artrópodos constituyentes a la mesofauna del suelo**

Órdenes	CV con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	CV con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con 20 m <sup>3</sup> de Vinaza	CM con Vinaza diluida	CM sin Vinaza	CM con cachaza
-----%-----								
Díptera	7.58	10.20	9.47	7.94	0.00	1.22	2.50	4.49
Hemíptera	8.10	7.65	5.26	2.12	0.84	3.98	3.75	5.69
Homóptera	9.00	5.10	5.79	3.70	2.80	3.36	2.19	2.40
Lepidóptera	1.93	0.00	0.79	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleóptera	<b>54</b>	70.92	60.53	62.43	87.11	<b>89</b>	84.69	<b>75.75</b>
Thysanoptera	0.26	0.00	1.84	0.53	0.28	0.00	0.00	0.60
Ortóptera	1.29	0.00	2.37	1.06	0.00	0.00	0.63	0.60
Blattaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	<b>0.30</b>
Dermáptera	0.13	0.51	0.26	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00
Aránea	0.77	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.31	1.80
Larvas de Coleóptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00
Himenóptera	14.01	3.57	9.47	19.05	1.40	0.92	2.19	3.29
Formicidae	2.57	2.04	3.95	0.53	6.44	1.53	3.13	4.19
Colémbola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.90
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

En la figura 29, en el grupo de los insectos sociales se encontraron individuos de la familia Formicidae y los restantes del orden Himenóptera. Dentro de los predadores se detectaron los arácnidos y ortópteros. Dentro del grupo de los holometábolos, caracterizados por presentar diferentes hábitos de alimentación en función de su ciclo de vida se incluyeron los dípteros y lepidópteros, dentro de los saprófagos se encuentra el grupo de los detritívoros que reducen la materia orgánica a través de mecanismos físicos y digestivos, entre ellos están las lombrices de tierra, escarabajos peloteros y cochinillas, ya que reincorporan las sustancias nutritivas que hay en las hojas secas, de tal forma que puedan ser reutilizadas por las plantas.



**Figura 29. Comportamiento poblacional de la mesofauna del suelo en base a grupos funcionales**

En el cuadro 17, se observan los índices de diversidad determinados para los tratamientos evaluados, considerando la media de individuos en cada muestra.

El índice de diversidad es el número total de especies presentes en una muestra, en este caso se consideró el número total de grupos taxonómicos presentes en las ocho muestras representativas de cada lote de producción, observándose una variación de 6 a 11.

El índice de Shannon, de los tratamientos evaluados combina dos componentes de diversidad: número de especies y equidad de la distribución de los individuos entre las especies. En las poblaciones analizadas, los valores fluctuaron entre 0.51 a 1.51 indicando baja diversidad, con los mayores valores en las áreas de aplicación de 10 m<sup>3</sup> de vinaza.

**Cuadro 17. Índices de diversidad de la mesofauna del suelo por tratamiento**

Tratamiento	Riqueza <i>r</i>	Shannon Wiener	Simpson D	Parker Berger
CV con 10 m <sup>3</sup> de vinaza	11	<b>1.51</b>	0.34	<b>0.54</b>
CV con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	7	1.05	0.52	0.71
CM con 10 m <sup>3</sup> de vinaza	11	1.43	0.39	0.61
CM con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	9	1.21	0.43	0.62
CM con 20 m <sup>3</sup> de vinaza	8	<b>0.57</b>	0.76	0.87
CM con vinaza diluida	6	0.51	0.79	<b>0.89</b>
CM sin vinaza	10	0.72	0.72	0.85
CM con Cachaza	11	1.04	0.58	0.76

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

Según los resultados mostrados en el cuadro 17, el índice de Shannon de los lotes muestreados el menor valor (0.51) corresponde al área con aplicación de vinaza diluida y el mayor valor (1.51) al área de cosecha en verde con aplicación de 10 m<sup>3</sup> de vinaza.

El índice de Berger Parker, es un índice de dominancia, expresa la proporción de la colecta total que se debe a la especie dominante, en el cuadro 17 se observa que la mayor dominancia corresponde al área con vinaza diluida y la menor dominancia al área con aplicación de 10 m<sup>3</sup> de vinaza y cosecha en verde, representando por tanto, una población más heterogénea.

Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos evaluados en lotes de producción de caña de azúcar, demuestran que la mesofauna del suelo está limitada tanto en número de individuos como en la presencia de grupos taxonómicos lo que incide en los índices de diversidad y en una estructura trófica dominada por la presencia de fitófagos, poniendo en riesgo la sustentabilidad de los sistemas, al ser más propensos a la presencia de plagas o vectores de enfermedades.

En términos generales, los resultados de la comunidad de pequeños artrópodos no revelaron un efecto diferenciado en la cosecha con el efecto de la aplicación de vinaza.

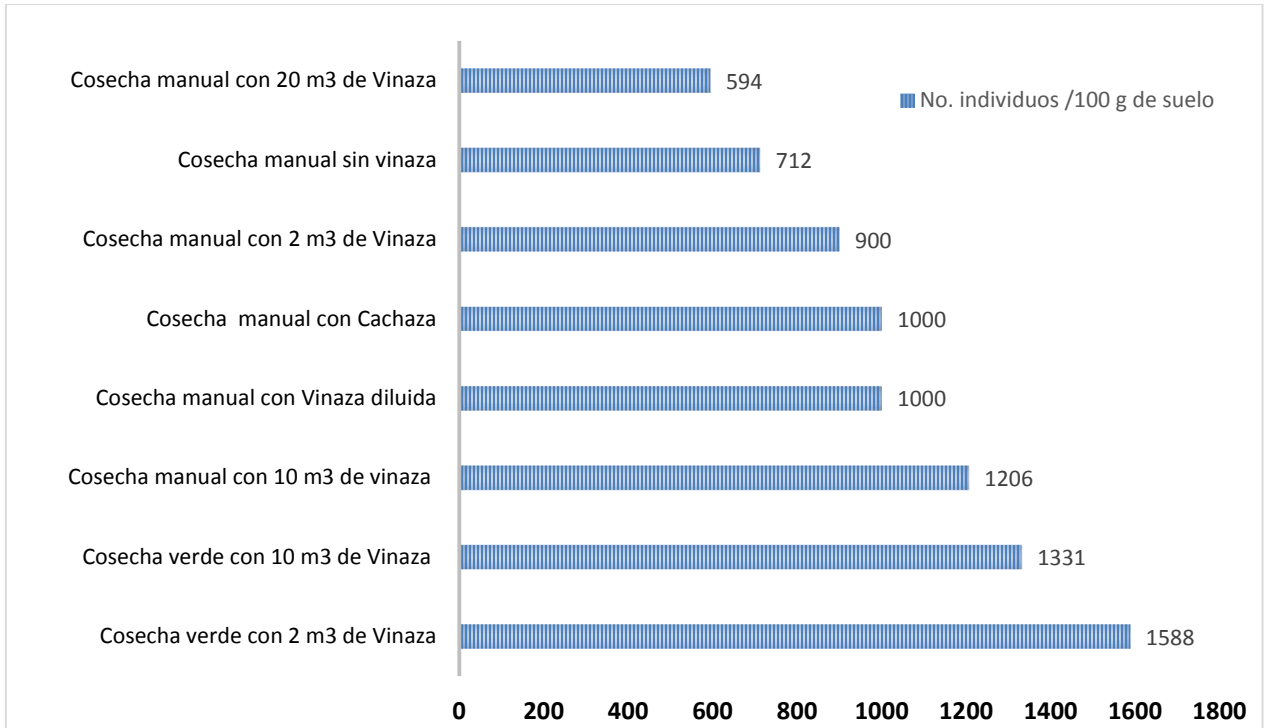
## **2.5.2 Nematodos**

Los nematodos son un grupo muy abundante y diverso en la naturaleza. Aproximadamente 20,000 especies de nematodos han sido descritas (Bongers & Ferris, 1999), siendo frecuente encontrar en el suelo varios millones de individuos en un metro cuadrado y hasta 200 especies en un mismo lugar (Yeates, 2003). Su papel en el suelo se encuentra relacionado con los procesos de descomposición de la materia orgánica y con el ciclado de los nutrientes, aunque no se alimentan directamente de la materia orgánica sino de bacterias y hongos que participan en estos procesos, de los sustratos producidos durante la descomposición y de otros organismos incluyendo a los vegetales (Freckman & Caswell, 1985).

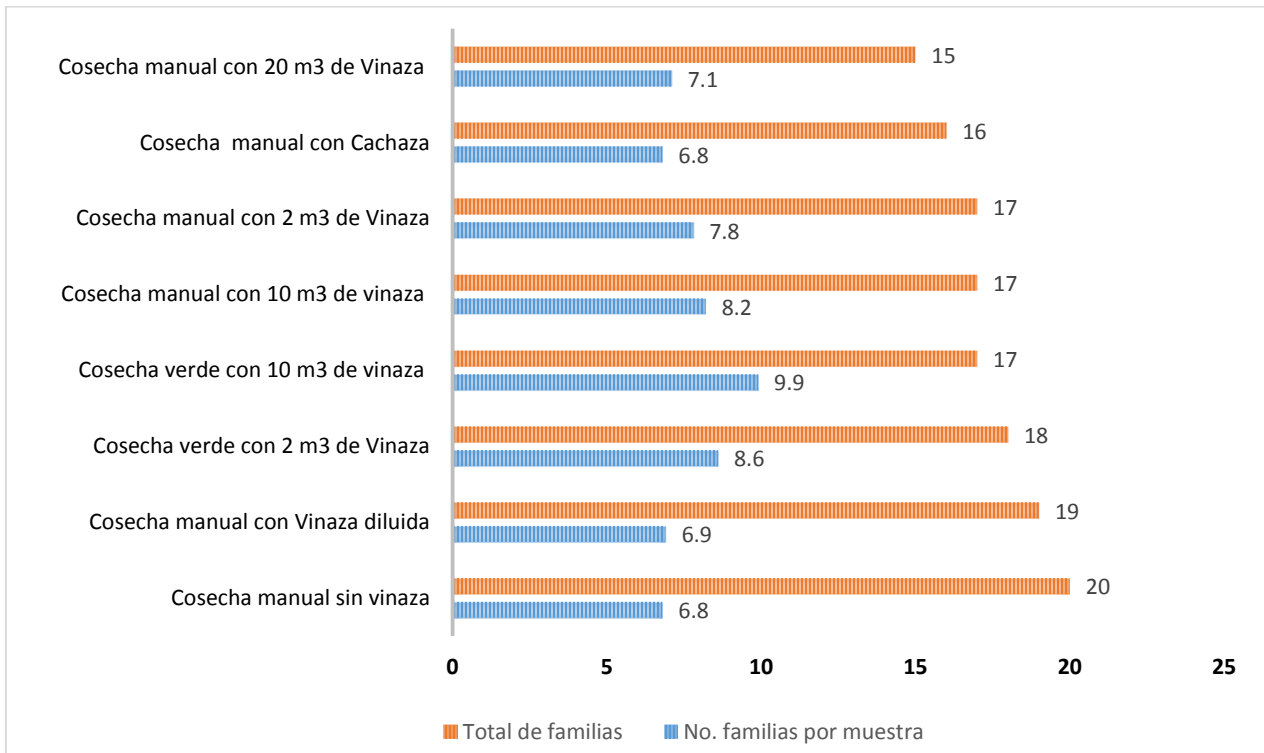
### **2.5.2.1 Número de individuos y grupos taxonómicos**

En el volumen de 100 g de suelo analizado el número promedio de nematodos fue diverso siendo el tratamiento 5, Cosecha manual con 20 m<sup>3</sup> de vinaza, el de menores individuos por muestra obteniendo 594 individuos en 100 gramos de suelo, y el tratamiento 2, Cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza el de mayor individuos por muestra alcanzando 1588 individuos en las muestras analizadas (Figura 30). El número de familias identificadas varió entre 6.8 a 9.9 por muestra analizada, siendo los tratamientos de Cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza, Cosecha manual con 10 m<sup>3</sup> de vinaza, los que presentaron un menor número de familias y el tratamiento de Cosecha manual con vinaza diluida, el de mayor número de familias, ya que el total de estos grupos de familias de nematodos varió entre 15 a 20 (Figura 31).

En el cuadro 18, se presenta el análisis de varianza realizado al número de nematodos en 100 gramos de suelo.



**Figura 30. Promedio del número de nematodos/100 g de suelo por tratamiento**



**Figura 31. Promedio del número de familias/100 g de suelo y total de familias por tratamiento**

**Cuadro 18. Análisis de varianza realizado para el número de nematodos en 100 g de suelo**

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1256.65	7	179.52	3.48	0.0037
Tratamiento	1256.65	7	179.52	3.48	<b>0.0037</b>
Error	2890.92	56	51.62		
Total	4147.57	63			

El análisis de varianza, efectuado al número de individuos/100 g de suelo, utilizando el valor de  $p = 0.0037$ , expresa que existe diferencia significativa entre tratamientos (cuando no hay ninguna diferencia el valor de  $p$  es mayor o igual a 0.05).

Dado que existe diferencia significativa entre tratamientos, se realizó la prueba de Scott & Knott para el número de individuos de nematodos de los tratamientos (Cuadro 19).

**Cuadro 19. Prueba de Scott & Knott para el número de nematodos en 100 g de suelo**

Tratamiento	Medias	n	Comparador	Grupos
CV con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	<b>38.40</b>	8	2.54	A
CV con 10 m <sup>3</sup> de vinaza	35.38	8	2.54	A
CM con 10 m <sup>3</sup> de vinaza	33.89	8	2.54	A
CM con vinaza diluida	31.35	8	2.54	A
CM con Cachaza	31.35	8	2.54	A
CM con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	29.54	8	2.54	B
CM sin Vinaza	<b>26.08</b>	8	2.54	B
CM con 20 m <sup>3</sup> de vinaza	24.02	8	2.54	B

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

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

La prueba presentó que los tratamientos evaluados son estadísticamente diferentes al agruparse las medias con letras diferentes, siendo el tratamiento de Cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza en obtener la media mayor (Media= 38.40) respecto al número de nematodos, pero estadísticamente iguales a los tratamientos de Cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza, Cosecha manual con 10 m<sup>3</sup>, de vinaza, Cosecha manual con vinaza diluida y Cosecha manual con cachaza siendo la letra (A) que hace referencia que no presenta diferencia estadística en relación al número de nematodos en 100 gramos de suelo, observando los resultados los tratamientos antes mencionados, el volumen de vinaza a

diferentes dosis y cachaza no presentan una relación directa con los nematodos, al igual que los tratamientos que se identifican con la letra (B) ya que el tratamiento sin vinaza presenta una media de (26.08) superior al tratamiento de Cosecha manual con 20m<sup>3</sup> de vinaza, el cual se esperaba que al incorporar alimento para los organismos en este caso nematodos, tendría aumentar la población pero se observó una relación inversa, ya que los nematodos a mayor volumen de vinaza las poblaciones disminuyen.

En el cuadro 20 y figura 32, se presenta los valores numéricos y el comportamiento del análisis de varianza efectuado para los grupos de familias de nematodos.

**Cuadro 20. Análisis de varianza efectuado en el número de familias de nematodos en los tratamientos evaluados**

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	2.26	7	0.32	2.70	0.0174
Tratamiento	2.26	7	0.32	2.70	<b>0.0174</b>
Error	6.69	56	0.12		
Total	8.94	63			

En el cuadro 20 y figura 32, se presenta el análisis de varianza efectuado para los grupos de familias de nematodos en los diferentes tratamientos, siendo el valor de p (0.0174), el cual presenta diferencia significativa en relación al número de familias de nematodos.

Realizado el análisis de varianza, se determinó que los tratamientos presentan una diferencia significativa, lo cual, conllevó a realizar la prueba de Scott & Knott, como se observa en la Figura 32. Los resultados obtenidos en la prueba, muestran que los tratamientos son estadísticamente significativos entre ellos.



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

**Figura 32. Prueba de Scott & Knott para el grupo de familias de nematodos de los tratamientos evaluados**

El tratamiento Cosecha manual con vinaza diluida, el que presenta la media mayor (3.13) al resto de los tratamientos, pero significativamente iguales a los tratamientos de Cosecha manual con cachaza y Cosecha manual sin vinaza siendo la letra (a) que hace referencia que no presentan diferencia significativa en relación al número de familias, al igual que los tratamientos que presentan la letra (b), Cosecha manual con 2m<sup>3</sup>, 10 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup> de vinaza y cosecha en verde con 2m<sup>3</sup> y 10 m<sup>3</sup> de vinaza, lo cual la interacción de la vinaza y organismos del suelo es débil ya que no presenta un beneficio para la familia de nematodos, sino un efecto negativo para las poblaciones de organismos habitados en el suelo.

En la figura 32, se observa que los tratamientos con vinaza, la población de familias en 100 g de suelo es mayor respecto a los tratamientos con la letra (a) observados en la figura 32, pero identificando las mismas familias, en todas las muestras analizadas. Alfaro, 2014 indica que existe menos diversidad de familias de nematodos que es negativo para las propiedades físicas del suelo ya que al tener una mayor diversidad de familias favorecen a una mejor interacción de suelo/planta y una alta tasa de descomposición de la materia orgánica, así también familias que ayuden a la erradicación de nematodos dañinos para el cultivo de caña de azúcar.



### **2.5.2.2 Abundancia relativa de grupos taxonómicos**

En el cuadro 21, se presenta la abundancia relativa de las familias y géneros identificados en cada uno de los tratamientos evaluados en las áreas de producción del Ingenio Pantaleón. En todas las muestras, los criconemas presentaron la mayor abundancia relativa.

### **2.5.2.3 Grupos tróficos**

El reconocimiento de los hábitos de alimentación de los nematodos, de la posición que ocupan dentro de las cadenas alimenticias y de diferentes estrategias de vida, son aspectos cada vez más utilizados como indicadores de la calidad del suelo. En los sistemas agrícolas es muy probable la presencia de nematodos fitopatógenos, siendo importante determinar las especies que repercutan en la productividad.

Los nematodos identificados en cada uno de los tratamientos se agruparon según sus hábitos alimenticios en: bacteriófagos, fitófagos, micófagos, omnívoros y predadores. La comunidad de nematodos en los tratamientos tuvo una dominancia en los grupos de fitófagos y bacteriófagos. Mondino *et al.*, (2010), estudiando sistemas de labranza y de cosecha de caña de azúcar encontraron mayor predominancia de fitófagos (79 %), con solo 14.5 % de bacteriófagos aun en sistemas de labranza reducida y cosecha en verde.

**Cuadro 21. Abundancia relativa de familias y géneros de nematodos identificados en los tratamientos evaluados.**

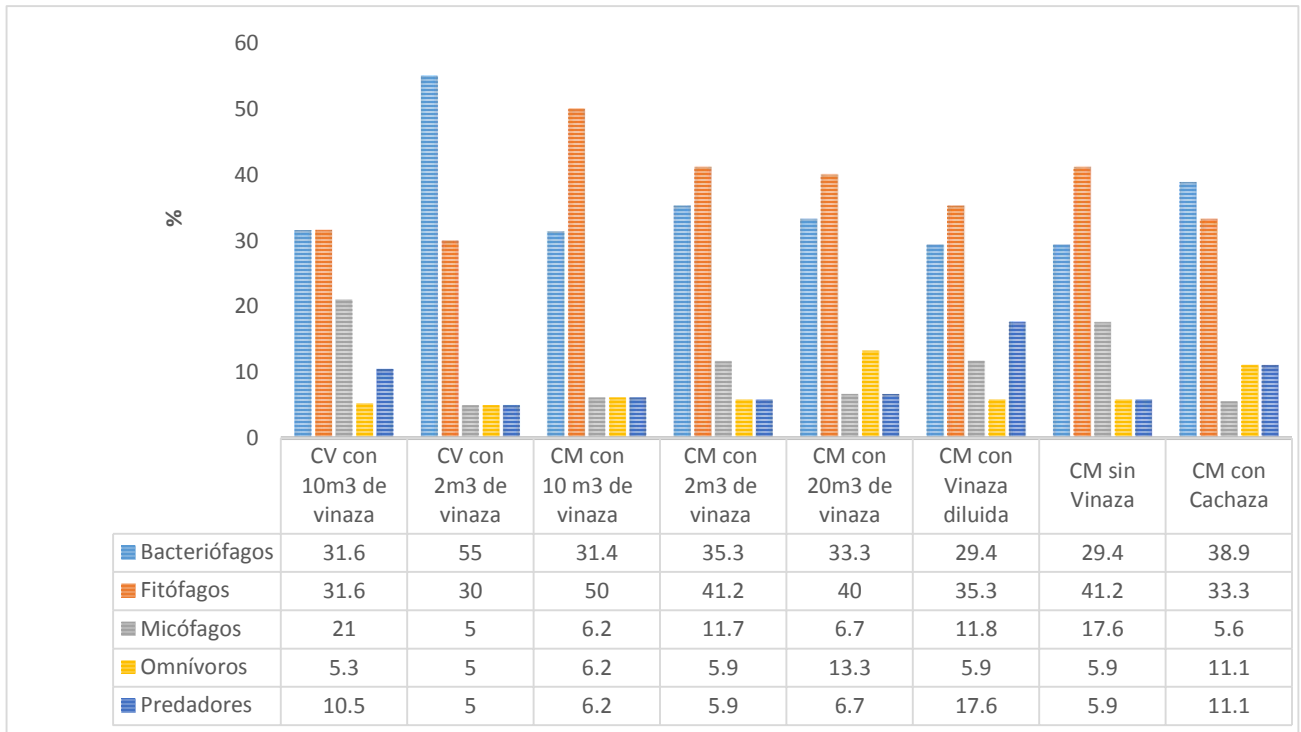
Familias y géneros identificados	CV con 10 m <sup>3</sup> de vinaza	CV con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	CM con 10 m <sup>3</sup> de vinaza	CM con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	CM con 20m <sup>3</sup> de vinaza	CM con Vinaza diluida	CM sin Vinaza	CM con Cachaza
Alaimidae: <i>Alaimus</i>	0	0	0	0	0	1	0	4.5
Acrobelidae: <i>Acrobeles</i>	4.25	0	0	1.75	0.5	4	0.5	2.75
Aphelenchidae	2.25	0	1.25	2.5	3.5	7.25	12.25	0
<i>Aulolaimus</i>	0	0	0	0	0	0.25	0	0.5
Beloniridae	0	0	0	0	0	0	0.75	0
Belonolaimidae: <i>Belonolaimus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Campydora</i>	0	1	0.25	0.25	0	0	0	0
Cefalobidae: <i>Eucephalobus</i>	2.5	0	0.75	1.5	3	4.25	5	3.75
Cephalobidae: <i>Cephalobus</i>	0.5	0.5	1.25	3.5	5.5	2.5	2	8
Cephalobidae: <i>Chiloplacus</i>	0	0	0.5	0	0	0	0	0
Criconematidae: <i>Criconema</i>	<b>40</b>	<b>59.75</b>	<b>44</b>	<b>53.5</b>	<b>33.75</b>	<b>24.5</b>	<b>27.25</b>	<b>31.25</b>
<i>Cryptonchus</i>	0	0	0	0.25	0	0	0.75	0
Diploscapteridae: <i>Diploscapter</i>	0	0.5	0	0.5	0.75	0	0	0
<i>Discolaimus</i>	0.5	1.25	0	0	0	0	0	2.25
<i>Dolichodorus</i>	0.5	0	0	0	0	0	0	0
Dorilaimidae: <i>Aporcelaimellus</i>	0	0	0	0	0	0.75	0	0
Dorilaiminae: varios géneros	6.75	8	2.75	4.5	9.25	10	11.5	5.75
Heteroderidae: <i>Meloidogyne</i>	0	0	0	0.25	0.25	0	0	0
Hoplolaimidae: <i>Hoplolaimus</i>	11.5	1.25	0	11.5	1.5	8.25	0.75	0.75
Leptonchidae	0	0	0	0	1.25	0	1.75	0
Longidoridae: <i>Xiphynema</i>	0	0	0.25	0	0	1.5	0	0
Monhysteridae: <i>Monhystera</i>	0	0	0	0	0	0.5	0	0
<i>Monochomadora</i>	0.75	0	0	0.25	0	0	0	0
Mononchidae: <i>Mononchus</i>	0	0	0.25	0	0	0	0	0
<i>Nothotylenchus</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0
Nygolaimidae	0	0	0.25	0	1.5	3	0.75	0.5
<i>Panagloraimus</i>	1	0.5	0.25	0.25	0	0	0	0
<i>Peltamigratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0.75
Plectidae: <i>Tylocephalus</i>	0	0	0	0.25	0	0	0	0
Pratylenchidae: <i>Pratylenchus</i>	1.25	8.0	2.75	5.75	7.25	9.75	9.75	12.25
Prismatolaimidae: <i>Prismatolaimus</i>	0	0	0	1.25	0	0	0	1.25
Psilenchidae: <i>Psilenchus</i>	0	0.25	0	0	0	0	0	0
<i>Punctodora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0.5
Rabditidae: varios géneros	10.5	12	1	3.25	4	5.25	9	7.75
<i>Rabdolaimus</i>	0	0	0	0	0	0	2.25	0
Tylenchidae: <i>Tetylenchus</i>	0	0.5	1.5	0	0	0	0	0
Tobrilidae: <i>Trobilus</i>	0	0	0	0.25	0	0	0	0
Tylenchidae: <i>Helicotilenchus</i>	3	3.75	39	2.5	21.75	9	7.75	8
Tylenchidae: <i>Tylenchus</i>	13.5	1.25	2	6.25	6.25	8.25	6.75	7.5
Tylenchidae: <i>Ditylenchus</i>	0.5	0	0.5	0	0	0	0	2
Tylenchidae: <i>Tylenchorhynchus</i>	0.75	0	1	0	0	0	0.75	0
<i>Tylencolaimelus</i>	0	0	0	0	0	0	0.5	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Referencias: CV=Cosecha en verde; CM= Cosecha manual; m<sup>3</sup> =metros cúbicos

En la figura 33, se muestra el comportamiento poblacional de la comunidad de nematodos en base a grupos tróficos encontrados en cada una de las muestras de los tratamientos evaluados caracterizándose por la predominancia de fitófagos y bacteriófagos. Observándose que el tratamiento de Cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza y el tratamiento con Cachaza los bacteriófagos tuvieron una dominancia sobre los fitófagos, a diferencia del tratamiento de Cosecha en verde con 10 m<sup>3</sup> de vinaza, los nematodos de los grupos de los bacteriófagos y fitófagos se encontraron en igual porcentaje. Siendo el tratamiento de Cosecha manual sin vinaza el que presentó una dominancia del grupo de fitófagos respecto a los bacteriófagos. Así mismos dentro de los bacteriófagos, fueron encontrados los géneros *Cephalobus*, *Eucephalobus*, *Acrobeles* y con menor incidencia especies de la familia *Rhabditidae*. Dentro de los omnívoros sobresalieron especies del orden *Dorilaimida* y dentro de los micófagos se encontró el género *Aphelenchoides* sobresaliendo su presencia en el lote de Cosecha manual sin vinaza. En relación a los predadores, se encontraron pocos géneros y abundancia, dentro de ellos se destacan los géneros *Mononchus*, *Tobrilus* y *Discolaimus*.

En el grupo de los fitófagos sobresalieron los géneros *Criconema*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchus* y *Hoplolaimus*. Posiblemente, algunos de estos géneros se encuentren parasitando las raíces de caña de azúcar. Únicamente se encontró una hembra de *Meloidogyne* en el tratamiento de Cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza.

Con relación al grupo de fitófagos, en los cuales se encontraron patógenos, el número de nematodos entre los tratamientos no fueron indicadores de daño en el cultivo de caña de azúcar, ya que en ninguna de las repeticiones analizadas presentaron valores iguales o mayores a 3000 nematodos por cada 100 g de suelo, según Ramírez (1977), utilizado como un nivel crítico para el caso de *Pratylenchus*. Así mismo, aunque se encontró alta presencia del *Helicotylenchus* en ninguna repetición se encontraron valores cercanos a 500 *Helicotylenchus* en 100 g de suelo, los cuales al estar en estas cantidades, superan los umbrales establecidos en caña de azúcar.



**Figura 33. Comportamiento poblacional de la comunidad de nematodos en base a grupos tróficos**

## B. Índices de diversidad

En el cuadro 22, se muestran los índices de diversidad de nematodos variando la riqueza de especies 15 a 20. En los tratamientos evaluados los valores de las poblaciones varían entre 1.46 a 2.42 indicando valores normales en los tratamientos 1, 5, 6,7 y 8 pero con baja diversidad en los tratamientos 2,3 y 4. El mayor índice de diversidad de Shannon fue encontrado en el tratamiento (8) Cosecha manual con Cachaza, que indica un valor normal de la comunidad de nematodos del suelo, obteniendo en los valores normales del índice de Shannon los tratamientos 5,6 y 7 todos ellos bajo cosecha manual.

Según los resultados mostrados en el cuadro 22, el tratamiento 2 (cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza) corresponde al de mayor valor respecto al índice de Simpson, el cual me indica la dinámica de la población y describe la probabilidad de que un segundo individuo extraído de una población sea de la misma especie que el primer individuo retirado, y el tratamiento 8 (Cosecha manual con Cachaza) corresponde al de menor valor.

**Cuadro 22. Índices de diversidad de la comunidad de nematodos del suelo**

No. Tratamiento	Descripción	Riqueza R	Shannon Wiener	Simpson D	Berger Parker
1	Cosecha en verde con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	17	2.00	0.21	0.40
2	Cosecha en verde con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	16	1.49	0.38	0.60
3	Cosecha manual con 10 m <sup>3</sup> de Vinaza	19	<b>1.46</b>	0.35	0.44
4	Cosecha manual con 2 m <sup>3</sup> de Vinaza	20	1.79	0.31	0.54
5	Cosecha manual con 20 m <sup>3</sup> de Vinaza	15	2.05	0.18	0.34
6	Cosecha manual con Vinaza Diluida	18	2.31	0.14	0.31
7	Cosecha manual Sin Vinaza	18	2.30	0.13	0.27
8	Cosecha manual con Cachaza	17	<b>2.42</b>	0.11	0.25

En el cuadro 22, se observa que la mayor dominancia en relación al Índice de Berger Parker que expresa la proporción de la colecta total que se debe a la especie dominante, corresponde al tratamiento 2 y la menor dominancia en el tratamiento 7. Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos en lotes de producción de caña de azúcar demuestran que los nematodos del suelo son poco abundantes, tanto en número de individuos por muestra en 100 g de suelo, así como en la presencia de grupos tróficos y una estructura trófica dominada por la presencia de bacteriófagos, lo cual conlleva a que se ponga en riesgo la sustentabilidad de los organismos biológicos que ayuden a mejorar la calidad de suelo.

En la presente investigación fue observado que los indicadores biológicos estuvieron influenciados por algunas propiedades inherentes al suelo y en consecuencia, podría deducirse, menor eficiencia en los procesos de reciclamiento de los nutrientes. Sin embargo, también pudo observarse que las prácticas de manejo relacionadas al sistema de cosecha o a la adición de vinaza, intervienen en el desarrollo de las comunidades de organismos y en su actividad descomponedora, propiciando el reciclamiento de los nutrientes en concordancia con su abundancia y diversidad.

## 2.6 CONCLUSIONES

- 2.6.1 Los tratamientos evaluados en lotes de producción de caña de azúcar con aplicación de vinaza y cachaza con cosecha manual y cosecha en verde, indicó que se mantiene una mínima actividad de los organismos del suelo en relación a los indicadores biológicos (mesofauna y nematodos).
- 2.6.2 En general, la población de la mesofauna del suelo en los tratamientos evaluados mostro un detrimento lo cual es característico cuando se maneja un sistema de monocultivo por varios años debido a la presencia de recursos alimenticios de un mismo tipo. Obteniendo un número promedio de individuos de mesofauna de 23.6 a 97.3 individuos por muestra, siendo el tratamiento de Cosecha manual con 10 m<sup>3</sup> de vinaza, el de mayor número de individuos y el tratamiento de Cosecha manual con 2 m<sup>3</sup> de vinaza, el de menor población de individuos por muestra, siendo dominante la presencia de fitófagos (Especie: Curculionidae) y el total de grupos taxonómicos fue sumamente bajo variando de 3.6 a 6.6 en promedio de cada muestra analizada, obteniendo la totalidad de grupos por tratamiento entre 6 a 11, siendo dominante el orden Coleóptera. Así mismo los lotes de cosecha manual con Cachaza y sin vinaza se detectaron todos los grupos taxonómicos a pesar de la baja abundancia de individuos.
- 2.6.3 Se determinó el número promedio de individuos de nematodos en 100 g de suelo en el cultivo de caña de azúcar, siendo el tratamiento de Cosecha manual con 20 m<sup>3</sup> de vinaza la de menor individuos (594) y el tratamiento de Cosecha en verde con 2 m<sup>3</sup> de vinaza el de mayor individuos (1588), lo cual nos indica que la relación directa de la vinaza a alto volumen es desfavorable para los organismos del suelo. Respecto al número de familias identificadas varió de 6.8 a 9.9 por cada muestra analizada, obteniendo el tratamiento de Cosecha manual sin vinaza (20) el mayor número de familias de nematodos y el tratamiento de Cosecha manual con 20 m<sup>3</sup> de vinaza (15) el de menor número.

- 2.6.4 En el comportamiento poblacional encontrado al momento de la investigación, en la mesofauna lleva a concluir, que hay una dominancia de un 70 % de incidencia del orden coleóptera por la presencia de la especie: Curculionidae clasificado como fitófago en relación a su aparato bucal, tanto para el sistema de cosecha en verde y manual, así mismo entre los diferentes volúmenes de vinaza aplicados.
- 2.6.5 En el comportamiento poblacional de la comunidad de nematodos, hay una dominancia por la abundancia de fitófagos (Géneros: *Criconema*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchus* y *Hoplolaimus*) y bacteriófagos (Géneros: *Acrobeles*, *Cephalobus*, *Eucephalobus* y *Rabdolaimus*), siendo posible que algunos de estos géneros mencionados se encuentren parasitando las raíces del cultivo de caña de azúcar. El lote de cosecha manual y aplicación de cachaza presentó la comunidad más diversa y junto con el lote sin vinaza, la población menos dominante, indicando una mayor tendencia al equilibrio de la población.
- 2.6.6 Se confirmó que en la adición de cachaza hay un comportamiento bien diferenciado entre las poblaciones de la mesofauna y nematodos del suelo, respectó a los tratamientos con aplicación de vinaza. Mientras tanto, los tratamientos con aplicación de diferentes volúmenes de vinaza presentaron en general, un mejor comportamiento de los indicadores biológicos en comparación al tratamiento sin vinaza.

## 2.7 RECOMENDACIONES

- 2.7.1 Debido a la importancia de los organismos del suelo, entre ellos las mesofauna y nematodos se recomienda continuar con el monitoreo del suelo en los lotes de cosecha en verde y manual, dentro de ellas, en los lotes de aplicación de vinaza, tomando en consideración la época posterior a la cosecha, a mitad del ciclo y/o en consideración a los cambios de humedad en el suelo y ambiente. Así como monitorear el pH del suelo en relación a las aplicaciones de vinaza para determinar si no es este efecto el que afecta las poblaciones estudiadas.
- 2.7.2 Debido a que no fueron detectados efectos detrimentales sobre los indicadores biológicos en forma directa a la aplicación de vinaza, se sugiere continuar con estas aplicaciones, incluyendo los lotes donde actualmente este residuo no se aplica, de acuerdo a los programas de fertilización para las plantaciones de caña de azúcar.
- 2.7.3 Considerar la inclusión de aplicaciones de cachaza en los lotes de cosecha en verde, dadas las ventajas de la aplicación de residuos sobre la acumulación de materia orgánica del suelo y mejoramiento de las propiedades biológicas.



## 2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1997. Plant pathology. 4 ed. US, Academic Press. 636 p.
2. Aguilar Rivera, N; Galindo Mendoza, G; Fortanelli Martínez, J; Contreras Servín, VC. 2010. Competitividad internacional de la industria azucarera en México. *Theoria* 19(1):7-29.
3. Alfaro V, MA. 2014. Consultoría de la calidad del suelo bajo dos sistemas de cosecha con diferentes volúmenes de aplicación de vinaza en lotes de producción de caña de azúcar. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón.46p.
4. Alfaro, R. 1996. Evaluación de la vinaza como fertilizante potásico en la caña de azúcar y su efecto sobre las propiedades químicas de un suelo. De Atenas, Alajuela. II Congreso de Suelos. San José, Costa Rica, TECNICAÑA. 85 p.
5. Alvarado, N. 2007. Las quemas en la agricultura (caña de azúcar) su regulación desde el punto de vista agrario y ambiental. San José, Costa Rica, TECNICAÑA. 80 p.
6. Bautista, ZF; Durán-de-Bazua, MC; Lozano, R. 2000. Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinazas. *Rev. Int. Contaminación Ambiental* 16:89-101.
7. CENICAÑA, CO. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia. 412 p.
8. Chen, JP. 1991. Manual del azúcar de caña, 11 ed. México, COAZUCAR. 20 p.
9. Elsayed, MT; Babiker, HM; Abdelmalik, EM; Mukhtar, NO; Montage, D. 2007. Impact of filter mud applications on the germination of sugarcane and small-seeded plants and on soil and sugarcane nitrogen contents. *Bio. Technol.* 99:4164-4168.
10. Freckman, DW; Caswell, EP. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology* 23:275-296.
11. Galaviz, VI; Landeros, SC; Castañeda, CM; Martínez, DJ; Pérez, VA; Nikolskii, GI; Lango, RF. 2010. Agricultural contamination of subterranean water with nitrates and nitrites: an environmental and public health problem. *J. Agric. Sci.* 2(2):17-30.

12. Goncalves, OB; Nunes, CJL; Pellegrino, CCE; Clemente, CC; Josefinae, FB. 2013. Soil greenhouse fluxes from vinasse application in brazilian sugar cane areas. Efecto de la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar 14:77-84.
13. Hernández, MGI; Salgado, GS; Palma, LD; Lagunes, ELC; Castelán, EM; Ruíz, RO. 2008. Vinaza y composta de chachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 33:855-860.
14. Julca, OA; Meneses, FL; Blas, SR; Bello, AS. 2006. La materia orgánica, usos y experiencias de su uso en la agricultura. *Rev. Cien. Suelo Nut. Veg.* 24:49-61.
15. Korndorfer, GH; Nolla, A. 2010. Manejo, aplicación y valor fertilizante de la vinaza para caña de azúcar. Sao Paulo, Brasil, Rdalyc. 6 p.
16. Meunchang, SS; Panichsakpatana, R; Weaber, W. 2005. Co-composting of filter cake and bagasse; by-products from a sugar mill. *Biores. Technol.* Vol (no 2.):437-443.
17. Morales Trujillo, A. 2011. Impacto ambiental de la actividad azucarera y estrategias de mitigación. Tesis Ing. Amb. Veracruz, México, Campus central Veracruz 82 p.
18. Muñoz, M. 2012. Perspectivas de los coproductos de la caña de azúcar. *In* Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinoza, R (eds.). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala, CENGICANÁ. 512 p.
19. Pérez, O *et al.* 2011. Potencial de la vinaza en la reducción de N en caña de azúcar y sus efectos en la acumulación de potasio y otros nutrientes en el perfil de suelo (Power Point). In Congreso Nacional de Técnicos Azucareros (12, 2011, GT). Retalhuleu., Guatemala, ATAGUA. 25 diapositivas.
20. Ramírez, A. 1977. Reconocimiento de nematodos asociados con la caña de azúcar en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 2(1):39-46. Consultado el 05 mar 2015. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v02n01\\_039.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v02n01_039.pdf)
21. Romero, ER; Scandalaris, R; Rufino, M; Pérez, F; Rufino, R; Alonso, L. 2002. Efecto de los factores de manejo en la emergencia de caña planta. *Avance Agroindustrial* 23:7-11.
22. Salgado, GS; Palma, LDJ; Lagunes, ELC; Castelán, ME. 2006. Manual para el muestreo de suelos, plantas, y aguas e interpretación de análisis. Tabasco, México, Colegio de Postgraduados Campus- Tabasco / ISPROTAB. 90 p.

23. Sánchez-Moreno, S; Talavera, M. (2013). Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas, Coruña, Madrid, España. *Ecosistemas* 22 (1):50-55
24. Subirós, JF; Molina, E. 1992. Efecto de la aplicación de vinazas en la producción de caña de azúcar y en las características químicas de un inceptisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16:55-60.
25. Torres, JS (editor). 2006. Manejo del cultivo en condiciones de caña verde. Cali, Colombia, TECNICAÑA. 165 p. (Serie Técnica no. 35).

## 2.9 CONSTANCIAS



Figura 34. Barreno helicoidal para recolección de muestras de suelo para análisis de los indicadores biológicos



Figura 35. Extractor Berlese Tullgren

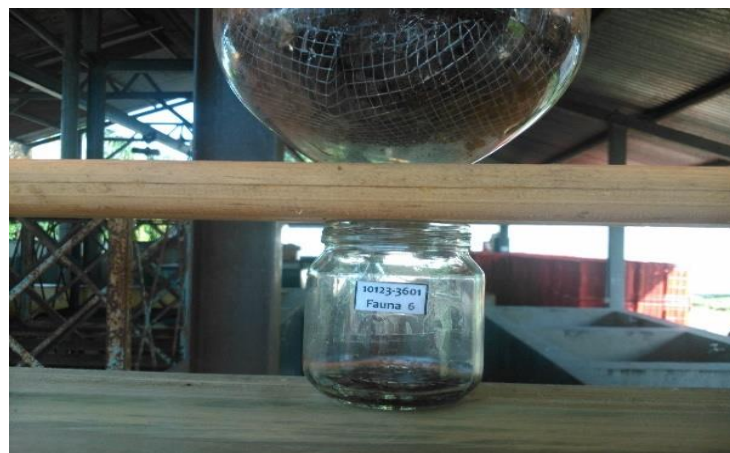


Figura 36. Identificación del recipiente del alcohol para la recolección de la mesofauna



**Figura 37. Especimen de Dermáptera identificado en muestras de suelo**



**Figura 38. Especimen de Himenóptera identificado en muestras de suelo**



**Figura 39. Especimen de Coleóptera identificado en muestras de suelo**



**Figura 40. Identificación de Nematodos en laboratorio de ANACAFE**



**Figura 41. Características de la cavidad bucal de nematodos  
a= Bacteriófagos b=Micofago c=Fitófagos**







### **3.1 PRESENTACIÓN**

Dentro de la Agroindustria Azucarera, la Corporación Pantaleón - Concepción S.A. es uno de los principales innovadores de tecnología en la industria cañera, con el objetivo de aumentar la producción de azúcar, melaza, alcohol y energía eléctrica, siendo uno de los mayores productores de azúcar a nivel nacional.

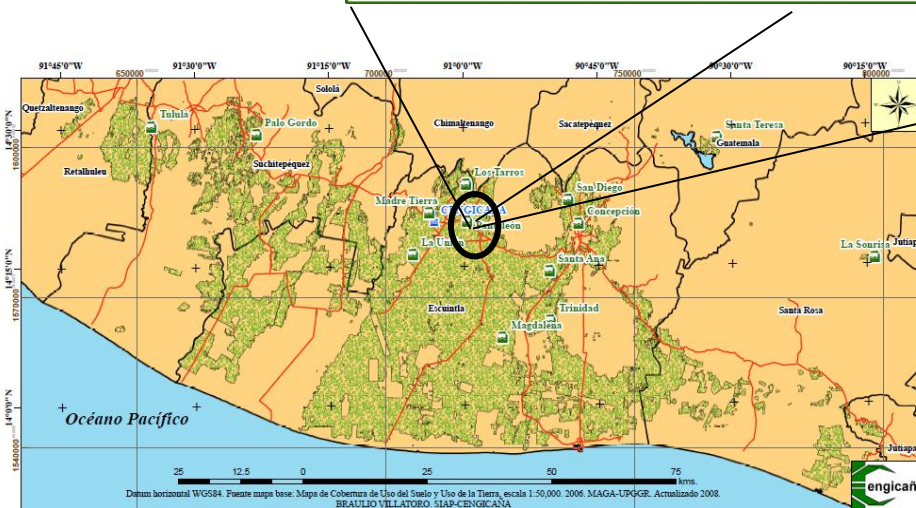
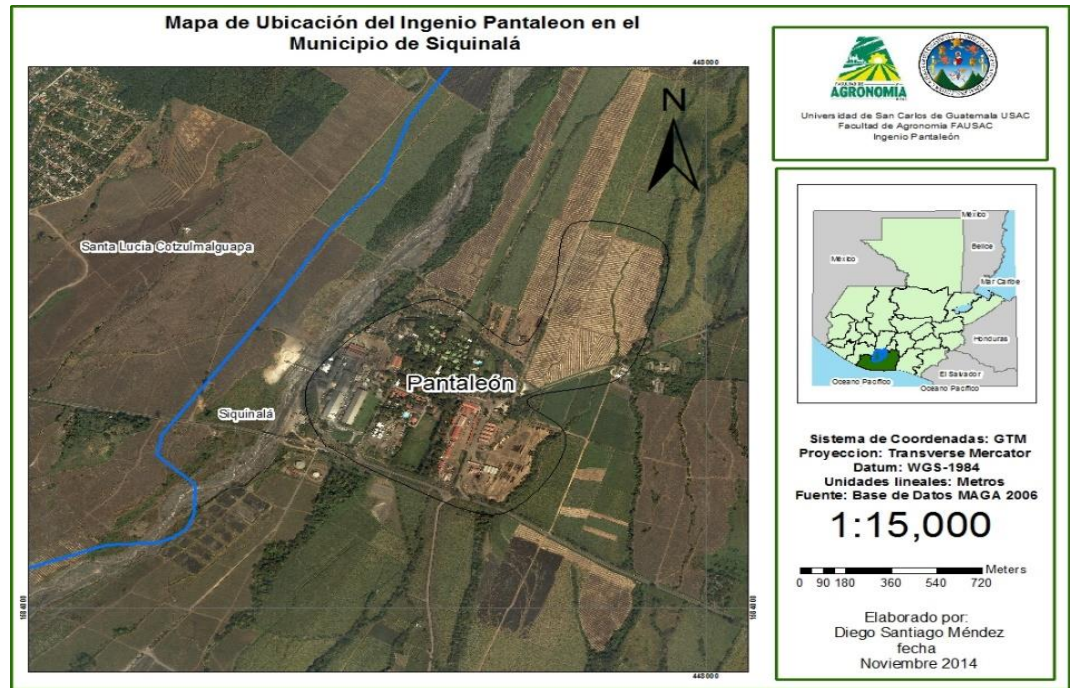
Al comparar los datos de la zafra 2011-2012, de acuerdo con datos reportados por la corporación se cosecharon 4, 985,114.95 Toneladas de caña; en la zafra 2012–2013 se obtuvo una producción de 5, 103,646.64 Toneladas de caña y en la zafra 2013–2014 se obtuvo una producción de 5, 171,576.22 Toneladas de caña, enfatizando un incremento de 186,467.27 Toneladas de caña desde la zafra 2011-2012 hasta la zafra 2013-2014, en la producción de caña de azúcar.

En el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se conocieron las diversas actividades que se llevan a cabo en la corporación, es por ello que se realizó un plan de servicios que permitiera conocer las diversas actividades dentro del Departamento de Agronomía, es por ello que a continuación se presentan los siguientes servicios que evaluaron el impacto de productos químicos con respecto a mejorar el manejo de la caña de azúcar en el Ingenio Pantaleón S.A. siendo los siguientes: Servicio 1: Evaluación del efecto de cuatro concentraciones de terramix, para regular el pH del suelo, el Servicio 2: Evaluación del insecticida Kpaz 70 WG vrs Actara 25 WG para el control de chinche salivosa (*Aeneolamia spp*), para poder comparar un insecticida nuevo para mejorar el porcentaje de control de chinche salivosa y así disminuir las pérdidas de producción de caña de azúcar.

Los servicios realizados contribuyen a las oportunidades de mejora en el proceso agrícola en la evaluación de nuevas alternativas, que servirán para aumentar la producción de caña de azúcar, implementándolos de manera comercial respecto a los resultados obtenidos en los ensayos evaluados, solucionando problemas que afecten la productividad en la caña de azúcar y aumenten la rentabilidad.

### 3.2 AREA DE INFLUENCIA

El área de influencia donde se llevó a cabo el primer servicio que consistió en evaluar el efecto de cuatro concentraciones de terramix fue en la región oeste del Ingenio Pantaleón, kilómetro 85.5 de la carretera al pacífico, en el municipio de Siquinalá, del departamento de Escuintla. Se encuentra a 14° 19" Latitud Norte y 90° 59" Longitud Oeste



**Figura 42. Ubicación Finca Pantaleon**

El servicio 2, se realizó en la región este La investigación fue llevada en la Finca “Florato Gonzales”, perteneciente a la Zona de Paso Antonio del área de Concepción.



### **3.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO CONCENTRACIONES DE TERRAMIX, PARA REGULAR EL pH DEL SUELO, EN FINCA PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

#### **3.4.1 Definición del Problema**

En Guatemala para la zafra 2013-2014 existe un área sembrada de caña de azúcar de aproximadamente 53,00 hectáreas, las cuales cuenta con suelos con arcilla alófana.

Actualmente la fertilización fosfórica en los ingenios es generalizada en la plantía en suelos deficientes en este elemento. La fijación del fósforo es producto de una arcilla alófana la cual se da en suelos con pH menores a 6.5.

Generalmente los suelos ácidos se encuentran en áreas de alta pluviometría y en suelos con alto contenido de materia orgánica en el cual afecta el crecimiento de la caña de azúcar, rendimiento y calidad. La toxicidad por aluminio puede producir síntomas de deficiencia de P debido a la precipitación de complejo aluminio-fosfatados en el suelo y en la planta.

La arcilla Alófana es de origen volcánico y ampliamente presente en los suelos del Grupo Pantaleón. Es un mineral amorfo que consiste de óxidos e hidróxidos de Fe y Al, que son sitios de alta fijación del P. Una estrategia de minimizar la capacidad de fijar P es mantener el pH del suelo entre 6.0 y 7.0.

Terramix es una mezcla de materias primas de alta pureza conteniendo Calcio, Magnesio, y Azufre. Por ser una enmienda que reacciona gradualmente en el suelo este mantiene un efecto residual prolongado. Dicho producto debe aplicarse de manera uniforme al voleo. Unas de las principales funciones que ofrece este producto es la neutralización de la acidez del suelo, mejorando las propiedades físicas y químicas de los suelos y la aportación de Ca y Mg.

### 3.4.2 Marco Teórico

El suelo es un recurso natural y también un capital, de manera que su función como factor de producción es doblemente el más importante. Su uso continuo conduce a su empobrecimiento gradual, siendo el aspecto más evidente su paulatina acidificación. Las causas de la acidificación de los suelos cultivados están en cualquier factor que remueva las bases contenidas en estos, principalmente el calcio y el magnesio. También influyen en el proceso la remoción de estos elementos por las cosechas, el lavado, la erosión y los efectos colaterales acidificantes de los fertilizantes de uso corriente.

La arcilla Alófana es de origen volcánico y ampliamente presente en los suelos del Grupo Pantaleón. Es un mineral amorfo que consiste de óxidos e hidróxidos de Fe y Al, que son sitios de alta fijación del P. Una estrategia de minimizar la capacidad de fijar P es mantener el pH del suelo entre 6.0 y 7.0. Otra es concentrar el fertilizante fosforado en el suelo cercano a la cepa, para localmente saturar los sitios de fijación con P y así lograr una mayor disponibilidad de este nutriente, aunque sea en un 30% del suelo (el ancho de la banda de la siembra) ya que la cantidad total de P que requiere la caña es relativamente pequeña, y si 30% del suelo tenga P disponible, es suficiente para la planta. Finalmente, la materia orgánica puede quelatar (cubrir) los sitios de fijación y así evitar que fijen el P. Es por eso que la materia orgánica es la fuente más eficiente de P para el cultivo (Spaans, 2012).

#### 3.4.2.1 Clasificación de la Acidez

La acidez proveniente de las fuentes mencionadas anteriormente se puede clasificar de la siguiente forma:

- Acidez activa: Hidrógeno ( $H^+$ ) disociado en la solución del suelo y proveniente de diferentes fuentes.
- Acidez intercambiable: Hidrógeno y aluminio intercambiables ( $H^+$ ,  $AP^+$ ) retenidos en los coloides del suelo por fuerzas electrostáticas.
- Acidez no intercambiable: Hidrógeno en enlace covalente en la superficie de los minerales arcillosos de carga variable.

- Acidez potencial: Acidez intercambiable + acidez no intercambiable (Química de la Acidez del Suelo, 2010).

#### **3.4.2.2 Balance de Nutrientes**

Muchos nutrientes compiten entre sí en la absorción de la planta, manteniendo proporciones adecuadas es importante para evitar la deficiencia, así como el potasio compite con la absorción del calcio y del magnesio.

#### **3.4.2.3 Nutrientes vegetales esenciales**

Hay 13 nutrientes minerales que son esenciales para la realización del ciclo de vida de la planta. Los macro-elementos son necesarios en grandes cantidades: nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S). Los micronutrientes que se requieren en concentraciones muy bajas: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Z), cobre (Cu), molibdeno (Mo), boro (B), cloro (Cl).

Todos estos nutrientes deben ser proveídos en los suelos en concentraciones y proporciones adecuadas. Según la ley del mínimo, si un nutriente es deficiente, los otros nutrientes no pueden compensar la deficiencia y el cultivo puede sufrir, resultado en una menor calidad o rendimiento.

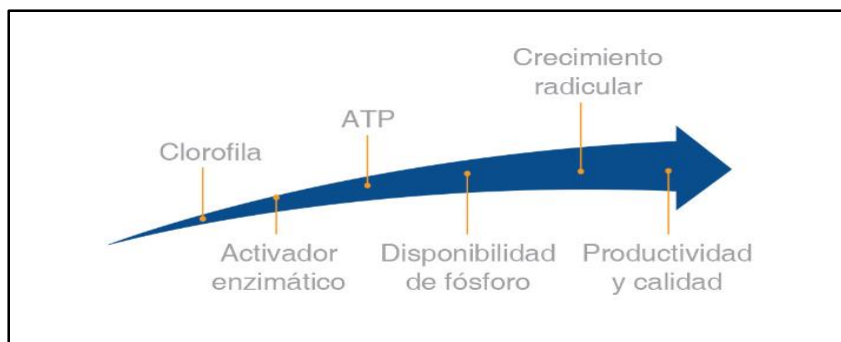
#### **3.4.2.4 Importancia de la aplicación de Magnesio (Mg) en los suelos**

Es la base estructural de la clorofila y por ello es esencial en el proceso de la fotosíntesis y la fijación de CO<sub>2</sub> como coenzima así también es esencial en todos los procesos de fosforización de la planta, promoviendo la transferencia, conversión y acumulación de la energía. Esto es en la fotosíntesis, síntesis de carbohidratos, proteínas, ruptura de los carbohidratos en ácido pirúvico (respiración).

Regula el balance energético de las plantas, porque es necesario para la formación de puentes entre enzimas y el portador de energía ATP, donde es imprescindible la presencia de Mg y con ello en la transformación de la información genética en proteínas.

Este es un componente de sustancias pépticas importantes para la estabilidad de la estructura celular, la cual es un acumulador de fósforo de baja energía de gran significado

para la germinación de la semilla, así también posee propiedades hidratantes e influencia con ello el balance hídrico y la eficacia de las enzimas.



Fuente: Spaans, 2012

**Figura 44. Función de Mg en el Balance energético de la planta**

### 3.4.2.5 Descripción de Terramix

El Terramix es una mezcla de materias primas de alta pureza conteniendo Calcio, Magnesio, Azufre y elementos secundarios ver cuadro 1.

**Cuadro 23. Composición química del producto de Terramix**

Composición química del producto		
Compuesto	Fórmula	Composición
Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	5.00 %
Trióxido de Hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00 %
Óxido de Calcio	CaO	28-31 %
Óxido de Magnesio	MgO	14-16 %
Trióxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00 %
Trióxido de Azufre	SO <sub>3</sub>	19-20 %
Pérdida al Fuego	PF	25.00 %
Humedad	%H	Menor a 0.25 %

Fuente: Spaans, 2011

### **3.4.3 Objetivos específicos**

- 3.4.3.1 Determinar la concentración de Terramix más efectiva en la corrección del pH del suelo.
- 3.4.3.2 Determinar la efectividad de la aplicación de terramix por medio de la disponibilidad de fósforo en el suelo.



### 3.4.4 Metodología

#### 3.4.4.1 Procedimiento

El ensayo se estableció bajo condiciones controladas de riego y se evaluaron los niveles de fósforo y de pH del suelo.

El suelo se recolectó en macetas con 20 Kg de suelo cada una. Una maceta representó una unidad experimental. Se realizaron los cálculos para determinar la cantidad de producto por maceta (20 Kg. De suelo) según la dosis a evaluar (1,2, 4, 6, y 0 ton Terramix/ha).

De cada maceta se procedió a tomar 1 Kg de suelo de dos distintas profundidades de 0-5 y de 5-10 cms. Para el muestreo de laboratorio se determinó el pH así como el nivel de fósforo, en cada uno de los tratamientos.

Los muestreos de suelos se realizaron a los 45, 90 y 120 días después de la aplicación de terramix en cada unidad experimental, teniendo un riego constante llegando el suelo a capacidad de campo, con el fin de conocer la disponibilidad de fósforo y el pH del suelo.

**Cuadro 24. Tratamientos evaluados**

Tratamientos	Descripción
1	1 Ton/ha de Terramix
2	2 Ton/ha de Terramix
3	4 Ton/ha de Terramix
4	6 Ton/ha de Terramix
5	Testigo Absoluto

#### 3.4.4.2 Diseño del estudio

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar. Con cuatro repeticiones.

### **3.4.4.3 Análisis de la información**

Se realizaron gráficas para el análisis de la información obtenida en los muestreos de suelos para la comparación de los pH obtenidos en los tratamientos al igual para las diferentes profundidades.

#### **A. Materiales Utilizados**

- 400 kg de suelo
- 20 cubetas
- Material Experimental 520 gramos (Terramix)
- Balanza digital
- Pala

### 3.4.5 Resultados

En la finca Pantaleón se realizaron los diferentes muestreos a diferentes profundidades como se observa en el cuadro 25.

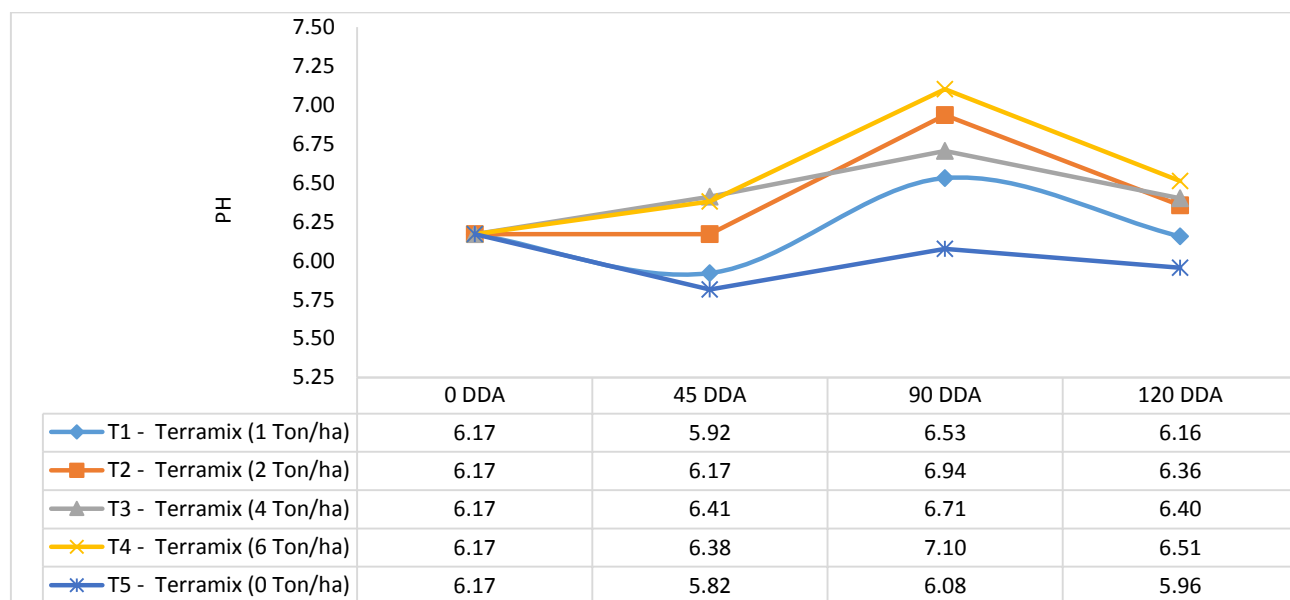
**Cuadro 25. Resultados obtenidos de pH de los diferentes muestreos de 0-5 y 5-10 cms.**

Finca	Muestreo DDA	Tratamientos	Descripción	Profundidad	PH
Pantaleón	0 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	0-5 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	0-5 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	0-5 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	0-5 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	0-5 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	5-10 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	5-10 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	5-10 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	5-10 cm	6.17
Pantaleón	0 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	5-10 cm	6.17
Pantaleón	45 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	0-5 cm	6.01
Pantaleón	45 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	0-5 cm	6.18
Pantaleón	45 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	0-5 cm	6.33
Pantaleón	45 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	0-5 cm	6.33
Pantaleón	45 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	0-5 cm	5.8
Pantaleón	45 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	5-10 cm	5.83
Pantaleón	45 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	5-10 cm	6.16
Pantaleón	45 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	5-10 cm	6.49
Pantaleón	45 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	5-10 cm	6.43
Pantaleón	45 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	5-10 cm	5.83
Pantaleón	90 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	0-5 cm	6.55
Pantaleón	90 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	0-5 cm	6.88
Pantaleón	90 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	0-5 cm	6.49
Pantaleón	90 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	0-5 cm	7.21
Pantaleón	90 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	0-5 cm	5.98
Pantaleón	90 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	5-10 cm	6.51
Pantaleón	90 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	5-10 cm	6.99
Pantaleón	90 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	5-10 cm	6.92
Pantaleón	90 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	5-10 cm	6.99
Pantaleón	90 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	5-10 cm	6.17
Pantaleón	120 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	0-5 cm	6.14
Pantaleón	120 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	0-5 cm	6.38
Pantaleón	120 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	0-5 cm	6.36
Pantaleón	120 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	0-5 cm	6.48
Pantaleón	120 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	0-5 cm	5.94
Pantaleón	120 DDA	T1	Terramix (1 Ton/ha)	5-10 cm	6.17
Pantaleón	120 DDA	T2	Terramix (2 Ton/ha)	5-10 cm	6.33
Pantaleón	120 DDA	T3	Terramix (4 Ton/ha)	5-10 cm	6.44
Pantaleón	120 DDA	T4	Terramix (6 Ton/ha)	5-10 cm	6.54
Pantaleón	120 DDA	T5	Terramix (0 Ton/ha)	5-10 cm	5.97

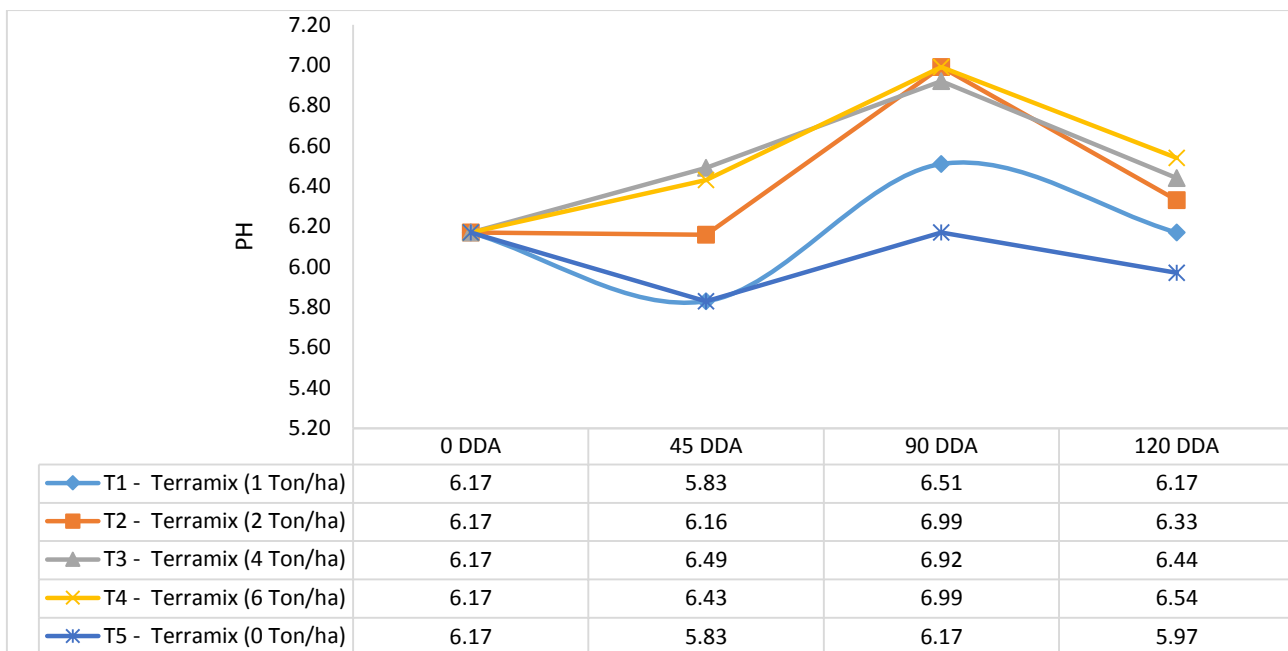
Referencias: DDA= Días después de aplicado

Los resultados obtenidos de los análisis de suelo en las dos diferentes profundidades nos indican la regulación del pH del suelo en los diferentes tratamientos

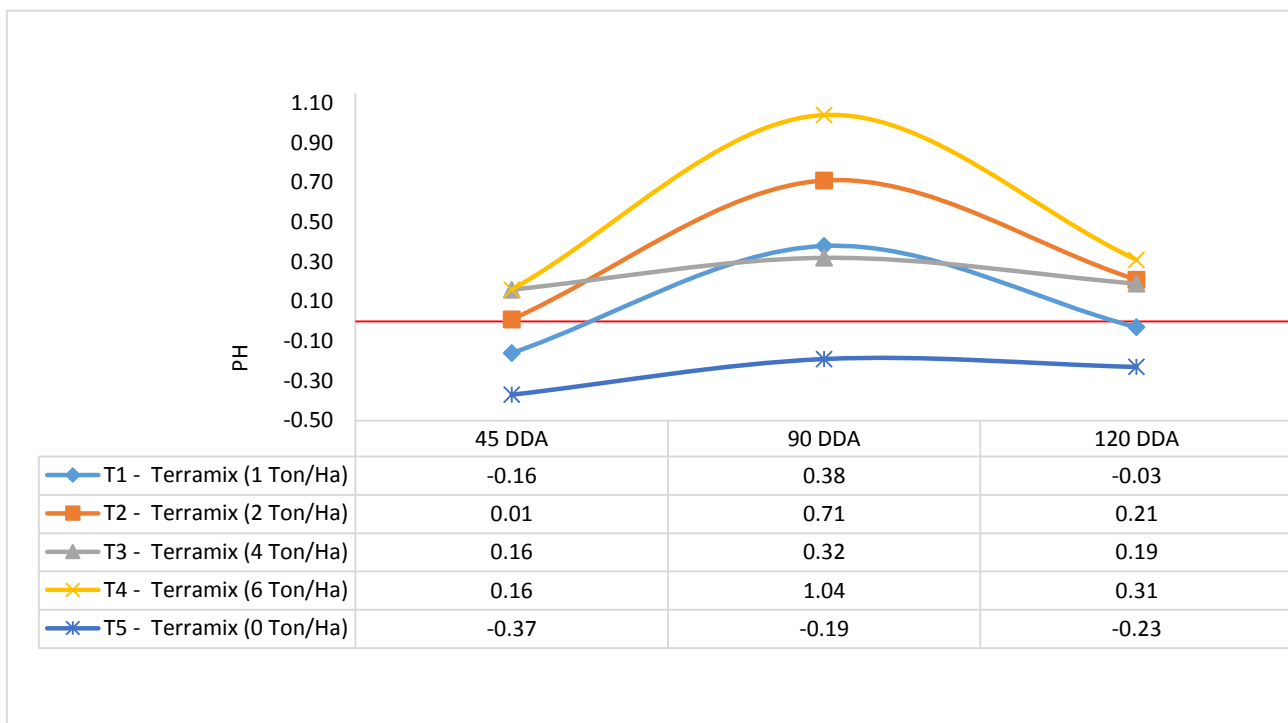
El efecto de la dosis de Terramix utilizados para regular el pH del suelo, se refleja en el aumento del pH de los diferentes tratamientos evaluados, (Figura 45). Se evaluaron los niveles de pH en el suelo de cada unidad experimental, obteniendo una mejor respuesta en la regulación del pH el tratamiento 4 (6 Ton/ha), el cual a los 90 días después de aplicar, el pH obtenido fue de 7.10 en comparación al tratamiento 1 (1 Ton/ha), teniendo un pH de 6.53 a los 90 días de aplicar, habiendo una respuesta significativa respecto al testigo (0 Ton/ha). Cabe mencionar que se realizaron muestreos de diferentes profundidades de 0-5 cm y 5-10 cm en las unidades experimentales, evaluando el pH de dos profundidades en respuesta a la infiltración en el suelo del producto terramix que indique un cambio en el pH del suelo, en la figura 44, se analizan las muestras de suelo a profundidad de 5-10 cm, el cual comparo el pH de los tratamientos evaluados a obteniendo una mejor respuesta el tratamiento 4 (6 Ton/ha) con un pH de 6.99, siendo el T1 (1 Ton/ha) el que menor respuesta presento después de la aplicación de Terramix.



**Figura 45. Efecto de la aplicación de terramix en el pH del suelo a una profundidad de 0-5 cm a los 120 DDA**



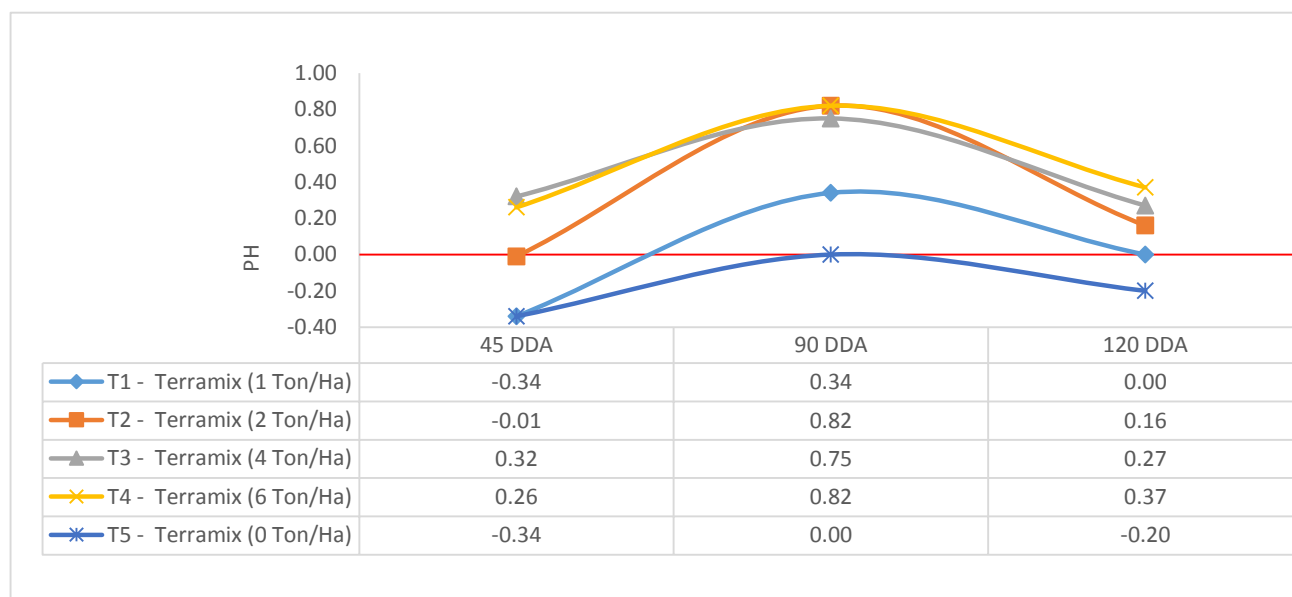
**Figura 46. Efecto en la aplicación de terramix sobre el pH del suelo a una profundidad de 5-10 cm.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 47. Efecto en la aplicación de terramix en respuesta al incremento de pH del suelo a una profundidad de 0-5 cm.**

La figura 47, se observa los grados de pH aumentados y disminuidos a una profundidad de 0-5 cm, respecto al primer muestreo realizado desde la aplicación de Terramix, presentando el tratamiento 4 (6 Ton/ha) un aumento de 1.04 grados de pH, a una profundidad de 0-5 cm, en comparación al tratamiento 1 (1 Ton/ha) que disminuyo 0.16 grados de pH, en el aumento de los grados de pH en los tratamientos evaluados, el tratamiento 5 (Testigo), presento una disminución en los grados de pH obtenidos en los muestreos, el cual indica que terramix tuvo un aumento de grados de pH en los



tratamientos donde fue aplicado a diferentes dosis.

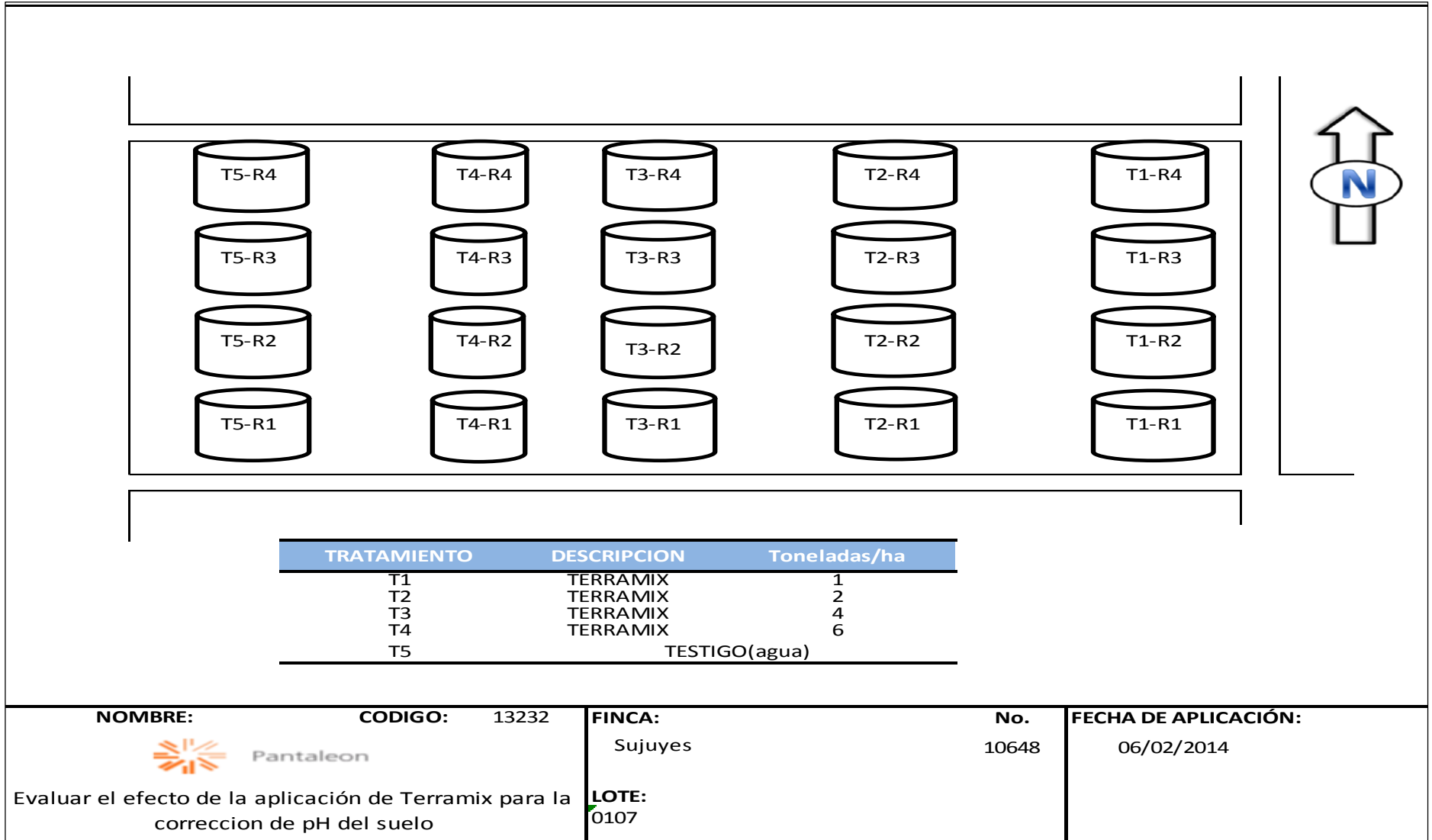
**Figura 48. Evaluar el efecto en la aplicación de terramix en respuesta al incremento de pH del suelo a una profundidad de 5-10 cm**

La figura 48, muestra las unidades aumentadas de grados de pH respecto al primer muestreo realizado antes de la aplicación de Terramix, mostrando el tratamiento 4 (6 Ton/ha) un aumento en los grados de pH de 0.82 a una profundidad de 5-10 cm, en comparación al tratamiento 1 (1 Ton/ha) que obtuvo una menor respuesta disminuidos 0.34 grados de pH, habiendo un aumento en los grados de pH en los tratamientos evaluados. El cual indica que terramix aumento grados de pH en los tratamientos donde fue aplicado a diferentes dosis.

### 3.4.6 Conclusiones

- A los 90 DDA, el tratamiento 4 (6 Ton/ha), aumento 1.04 grados de pH y el tratamiento 2 (2 Ton/ha) 0.71 grados de pH, siendo estos los de mejor respuesta en comparación al tratamiento 5 (testigo) que disminuyó 0.19 grados de pH a una profundidad de 0-5 cm.
- A los 90 DDA, el tratamiento 4 (6 Ton/ha), aumento 0.82 grados de pH al igual que el tratamiento 2 (2 Ton/ha), siendo estos los de mejor respuesta, comparado al tratamiento 5 (testigo) en donde los grados de pH no aumentaron o disminuyeran al pH inicial (6.17) a una profundidad de 5-10 cm.
- A los 120 DDA, los tratamientos 4 (6 Ton/ha) y 2 (2 Ton/ha), tuvieron un aumento en los grados de pH (0.31 y 0.21) respecto al tratamiento 5 (testigo) que disminuyó 0.23 grados de pH a una profundidad de 0-5 cm.
- Los tratamientos evaluados presentaron un aumento en los grados del pH en las dos profundidades (0-5 y 5-10 cm), respecto al tratamiento 5 (Testigo Absoluto) que se mantuvo por debajo, siendo el tratamiento 4 (6 Ton/ha) el que mejor respuesta tuvo en el pH del suelo.

3.4.7 Croquis de campo



**NOMBRE:**



**Pantaleon**

**CODIGO:**

13232

**FINCA:**

Sujuyes

**No.**

10648

**FECHA DE APLICACIÓN:**

06/02/2014

Evaluar el efecto de la aplicación de Terramix para la corrección de pH del suelo

**LOTE:**  
0107



### 3.4.8 Constancias



Figura 49. Peso de suelo para cada unidad experimental



Figura 50. Aplicación de terramix de los diferentes tratamientos



Figura 51. Identificación de los tratamientos

### **3.5 EVALUACIÓN DEL INSECTICIDA KPAZ 70 WG VRS ACTARA 25 WG PARA EL CONTROL DE CHINCHE SALIVOSA (*Aeneolamia* spp.) EN FINCA EL FLORATO, PASO ANTONIO, INGENIO CONCEPCIÓN, S.A, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

#### **3.5.1 Definición del Problema**

El cultivo de caña de azúcar es considerado como una potencia económica a nivel nacional, por lo cual es necesario mejorar el control de plagas y enfermedades implementando nuevas tecnologías que generen un mayor rendimiento en el cultivo de caña de azúcar.

En la actualidad una de las principales plagas de importancia económica en Guatemala es la chinche salivosa. El daño de esta plaga ocurre cuando adultos y ninfas introducen su aparato bucal picador en el tejido del xilema para succionar la sabia de la planta. En altas infestaciones, principalmente de adultos, pueden llegar a causar necrosis total de follaje y reducir la producción. Los huevos tienen la capacidad de ser diapausicos y pueden durar toda la época seca sin eclosionar y hacerlo hasta el siguiente ciclo de lluvias, esto hace que el manejo de la chinche salivosa se dificulte. La población siempre tiende al incremento por las condiciones de humedad que son favorables para su multiplicación cuando llegan al estado de adultos. El control requiere la aplicación de medidas que disminuyan la cantidad de huevos diapausicos para interrumpir su ciclo de vida.

Para el manejo de la chinche salivosa se cuenta con la aplicación de diferentes productos químicos pero los cuales tienden a que su precio sea elevado, el control en la caña de azúcar genera altos costos, por lo que se hace necesario realizar evaluaciones de productos que puedan tener un alto porcentaje de control así también que reduzcan los costos de producción.

En base a la necesidad de dar nuevas alternativas a la industria azucarera en el segmento de plagas se procedió a evaluar el producto K-PAZ 70 WG (Imidacloprid) (insecticida-cloronicotinilo) Versus ACTARA 25 WG (Thiametoxan) (insecticida-neonicotinoide).

### 3.5.2 Marco Teórico

#### 3.5.2.1 Imidacloprid

Es un neonicotinoide, que es un tipo de insecticidas neuroactivo diseñado a partir de la nicotina. Un imidacloprid patentado es fabricado por Bayer Cropscience (parte de Bayer AG) y vendido bajo diversas marcas tales como: Admire, Advantage, Confidor, Escocet, Gaucho, Hachikusan, Kohinor, Kopy, Merit, Nuprid, Impacto, Picus, Foragro y otras más. Está etiquetado como utilizable para el control de plagas, tratamiento de semillas, insecticida, para el control sistémico (Canamip, 2004).

Imidacloprid es absorbido por las raíces de las plantas y transportado por toda ella a través del xilema; sus propiedades sistémicas hacen que los insectos que coman o absorban algo de la planta resulten intoxicados y mueran, por ejemplo, absorbiendo su savia. El producto K-paz están diseñados para su aplicación sobre el follaje.

#### 3.5.2.2 Uso agronómico de K-paz 70 WG (Imidacloprid)

##### A. Modo de acción

Es un insecticida ligeramente tóxico de categoría 4, amigable en el medio ambiente e insectos benéficos con un excelente control de plagas, actúa en forma sistémica, por ingestión y por contacto, en la planta el producto tiene un excelente efecto sistémico acropetal.

##### B. Recomendaciones de uso

Recomendado para el control de Chinche Salivosa (*Aeneolamia* spp.) y (*Prosápia* spp.) en el cultivo de caña y otras plagas de importancia económica en otros cultivos.

##### C. Fitotoxicidad

No es fitotóxico a las dosis recomendadas.

##### D. Compatibilidad

IMIDACLOPRID 70 WG, se aplica solo, de aplicarse conjuntamente con otros insecticidas-nematicidas granulados hacer pruebas previas.

### 3.5.2.3 Uso agronómico de Actara 25 WG (Thiametoxam)

#### A. Modo de acción

Es un insecticida sistémico y translaminar, con amplio espectro de acción y rápida penetración. Actúa por contacto o ingestión interfiriendo los receptores de mensajes en el sistema nervioso de los insectos, ocasionando que estos dejen de alimentarse inmediatamente y mueran después.

#### B. Recomendaciones de Uso

Recomendado para el control de chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.), en el cultivo de caña de azúcar y otras plagas de importancia económica en hortalizas y cucurbitáceas.

#### C. Fitotoxicidad

Cuando se usa según las recomendaciones, ACTARA 25 WG es bien tolerado por los cultivos.

#### D. Compatibilidad

Se sugiere realizar prueba de la compatibilidad con otros plaguicidas.

#### E. Almacenamiento y Transporte

ACTARA 25 WG no es explosivo, no es inflamable, no es corrosivo. Almacénelo en bodegas seguras, alejadas de calor, el fuego directo y la humedad. No transportar junto con productos de consumo animal y humano. Transpórtelo en su envase original, bien cerrado y debidamente etiquetado, con su respectivo panfleto.

#### F. Momento de aplicación

Los tratamientos deben aplicarse al notarse indicios de plaga según el monitoreo de la finca, y determinar el área a aplicarse.

La aplicación en los tratamientos debe ser bajo las mismas condiciones, incidencia de la plaga, humedad del suelo, área limpia, equipo de aplicación, fecha de aplicación, esto para que cada tratamiento no tenga variables y así mismo esperar los resultados deseados.

### 3.5.2.4 Clasificación taxonómica de la chinche salivosa

La chinche salivosa, conocida como mosca pinta, chinche de espuma, salivazo, etc. Se encuentra clasificada taxonómicamente de la siguiente forma:

**Cuadro 26. Clasificación taxonómica de la chinche salivosa**

Reino	Animal
Phyllum	Artrópoda
Clase	Insecta
Subclase	Pterygota
División	Exopterygota
Orden	Homóptera
Suborden	Auchenorrhyncha
Superfamilia	Cercopoidea
Familia	Cercopidae
Subfamilia	Tomaspidinae
Genero	Aeneolamia
Especie	<i>Aeneolamia</i> spp

Fuente: Canamip, 2004

### 3.5.2.5 Biología y hábitos de la chinche salivosa (*Aeneolamia* spp)

Las diferencias especies de chinche salivosa tienen en común la característica de alimentarse en su estado adulto de las láminas foliares de la caña de azúcar, provocando fitotoxemia causada por la inoculación de enzimas aminolíticas y oxidantes, así como aminoácidos. Este estado patológico se presenta después de pocos días con la aparición de manchas lineales cloróticas, las que paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas (hasta en un 92% del follaje dañado). Ello trae como consecuencia la disminución de la capacidad fotosintética de vastas áreas foliares, y producto de esto, se da una baja tasa de crecimiento, disminución del contenido de sacarosa en el tallo, reducción de los azúcares en el jugo, causando por ello pérdidas económicas a la agroindustria (Canamip,2004).

Canamip (2004), indica que la chinche salivosa es un insecto que posee aparato bucal “picador-chupador”, con metamorfosis gradual en su desarrollo (paurometábolo). En cuanto a la distribución, puede decirse que es un insecto cuyo hábitat original está en las selvas húmedas y en la vegetación existente a orillas de los ríos, pero también se adapta a condiciones secas (pastizales). Se les puede encontrar desde los 0 hasta los 1482 msnm; causando daños en las praderas bajas.

### 3.5.2.6 Daño e importancia económica de *Aeneolamia* spp

Núñez (35), indica que el daño causado por la chinche salivosa al cultivo de la caña de azúcar puede dividirse en dos:

- El daño provocado por la ninfa al alimentarse de las raíces y tallos de la planta
- El daño provocado por el adulto al alimentarse de los retoños y hojas

Cuando el insecto se alimenta de las hojas, se puede observar, al principio pequeñas manchas de color amarillo-rojizo sobre la lámina foliar, posteriormente provoca la clorosis del follaje y la aparición de tejidos secos al borde de la hoja. Al alimentarse (picar y chupar) provoca una intoxicación sistémica, inyectando un líquido cáustico que además contiene ciertas enzimas que desdoblan el azúcar cristalizabile, esto afecta la calidad del azúcar. El aspecto de una plantación atacada se presenta como si estuviera afectada por una sequía intensa, las plantas no mueren pero sufren un retraso en su desarrollo y por ende la disminución del rendimiento. Después, en las socas el ataque puede ser más intenso pues tanto ninfas como adultos causan mayor daño en los retoños que en una planta adulta (6).los campos viejos de resoca (de 5 a 6 años) son los más propicios para el desarrollo de la chinche salivosa. Se considera que cinco ninfas por metro lineal de surco son suficientes para iniciar prácticas de control.

**Cuadro 27. Niveles de daño foliar acumulado en caña de azúcar (*Saccharum* spp.), provocado por la chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.)**

NIVEL DE DAÑO	% DEL AREA FOLIAR DESTRUIDA
1	0-5
2	6-25
3	26-40
4	Mayor a 40

Fuente: Carillo, 1997

En los niveles de daño de 1 al 3 no se reportan daños de importancia económica, y se consideran zonas afectadas. Cuando el nivel de daño físico en el área foliar es mayor del 40%, se pueden alcanzar pérdidas de 8-11 toneladas de caña por hectárea, y se consideran zonas quemadas.

### **3.5.3 Objetivos Específicos**

- 3.5.3.1 Evaluar distintas dosis de K-paz 70 WG para el control de adultos y ninfas de chinche salivosa (*Aenolamia* sp).
- 3.5.3.2 Comparar las dosis comerciales de Actara 25 WG Vrs K-paz 70 WG.
- 3.5.3.3 Comparar los costos de Actara 25 WG vrs K-paz 70 WG respecto a los días/ control de los diferentes estadios de chinche salivosa

### 3.5.4 Metodología

#### 3.5.4.1 Descripción del material experimental

El ensayo se realizó en campos con caña soca de la variedad CP88-1165. El lote fue el 1201 ubicado en la Finca El Florato Gonzales de la Zona Paso Antonio, que tuviera un historial con problemas de chinche salivosa, se delimitó el área experimental siendo cada unidad de 0.1278 ha. Los tratamientos que se evaluaron fueron diferentes dosis de K-paz 70 WG con ingrediente activo Imidacloprid comparado con el aplicado comercialmente el Actara 25 WG, el cual se realizó solo una aplicación para poder evaluar el efecto residual del producto. Cabe mencionar que en cada parcela de muestreo se determinó el nivel de daño de tallos por metro lineal.

En el cuadro 28, se presentan los tratamientos evaluados de K-paz comparado con Actara en Finca El Florato Gonzales

**Cuadro 28. Descripción de los tratamientos evaluados para el control de chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.)**

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	Actara (Thiametoxam)	0.60 Kg/ha
T2	K-paz (Imidacloprid)	0.21 Kg/ha
T3	K-paz (Imidacloprid)	0.35 Kg/ha
T4	K-paz (Imidacloprid)	0.50 Kg/ha
T5	K-paz (Imidacloprid)	0.60 Kg/ha

#### 3.5.4.2 Diseño experimental

El diseño experimental fueron bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones para un total de 25 unidades experimentales con un área de 0.1278 ha, con un distanciamiento de siembra de 1.75 m.



### **3.5.4.3 Época de Aplicación**

El ensayo se realizó en la época de no zafra, durante la época de invierno. El cual solo tuvo una aplicación en el cultivo de caña de azúcar.

### **3.5.4.4 Forma de aplicación**

La aplicación del insecticida se realizó con bombas maruyamas de 25 lts, este equipo se calibro para utilizar un volumen de aplicación de 200 lts por hectárea.

## **3.5.5 Variables de respuesta**

### **3.5.5.1 Muestreo de Chinche**

El muestreo de chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.) se llevó a cabo 7 días después de la aplicación, los siguientes 4 muestreos se llevaron a cabo con una frecuencia de 7 días.

La aplicación en los tratamientos se realizó bajo las mismas condiciones, incidencia de la plaga, humedad del suelo, equipo de aplicación, fecha de aplicación, esto para que cada tratamiento no tuviera variables y así mismo obtener los resultados deseados.

### **3.5.5.2 Días de Residualidad**

El periodo de días de residualidad se determinó como la sumatoria en días desde la fecha de aplicación hasta cuando el porcentaje de control disminuye.

### **3.5.5.3 Eficacia biológica**

Resultados, comparados contra su respectivo testigo comercial, el muestreo inicial de cada tratamiento comparado con los resultados semanales hasta concluir la evaluación.

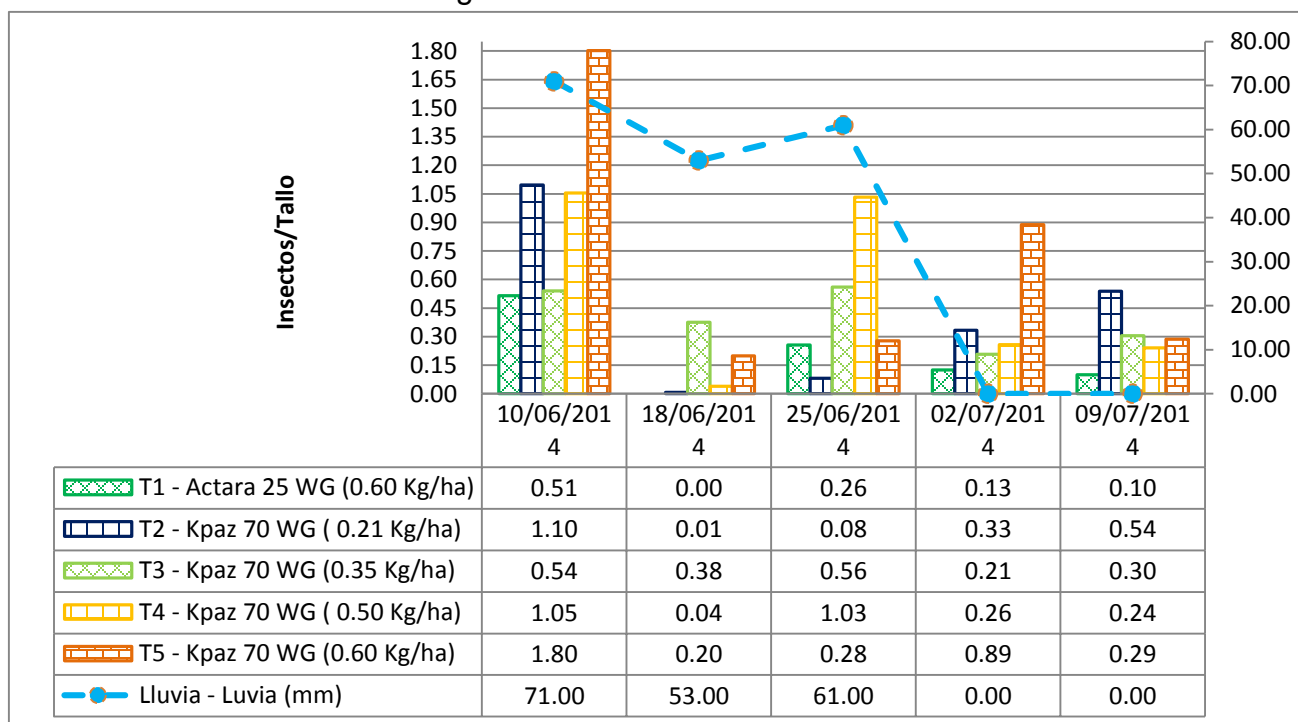
### **3.5.5.4 Análisis Estadístico**

Se utilizó el programa informático Minitab para realizar el análisis de varianza en bloques completamente al azar para las variables anteriormente descritas.

### 3.5.6 Resultados

Los datos obtenidos para cada una de las variables evaluadas, fueron tabulados, elaborando matrices en hojas electrónicas para poder realizar el análisis estadístico propuesto en la metodología.

El efecto de los insecticidas Actara 25 WG y K-paz 70 WG utilizados para el control de chinche salivosa, se refleja en la disminución de la población de ninfas, adultos e insectos por tallo, por lo cual la variable principal es el porcentaje de control obtenido en cada uno de los cinco tratamientos evaluados. Al realizar la gráfica de los muestreos realizados semanalmente después de la aplicación, para evaluar el porcentaje de control en los insectos en tallos por metro lineal, el comportamiento del tratamiento T1 (Actara 25 WG) tuvo una disminución en la población de 0.61 insectos/ tallo por metro lineal, en la primera semana después de aplicado en comparación al tratamiento T5 (K-paz 70 WG) que tuvo una disminución de 1.55 insectos/tallos por metro lineal, siendo el más efectivo en la primera semana el tratamiento T1 (Actara 25 WG), el tratamiento T4 (K-paz 70 WG 0.50 Kg/ha) fue el que tuvo una menor respuesta disminuyendo a 0.03 insectos/tallo por metro lineal. Como se observa en la figura 52.



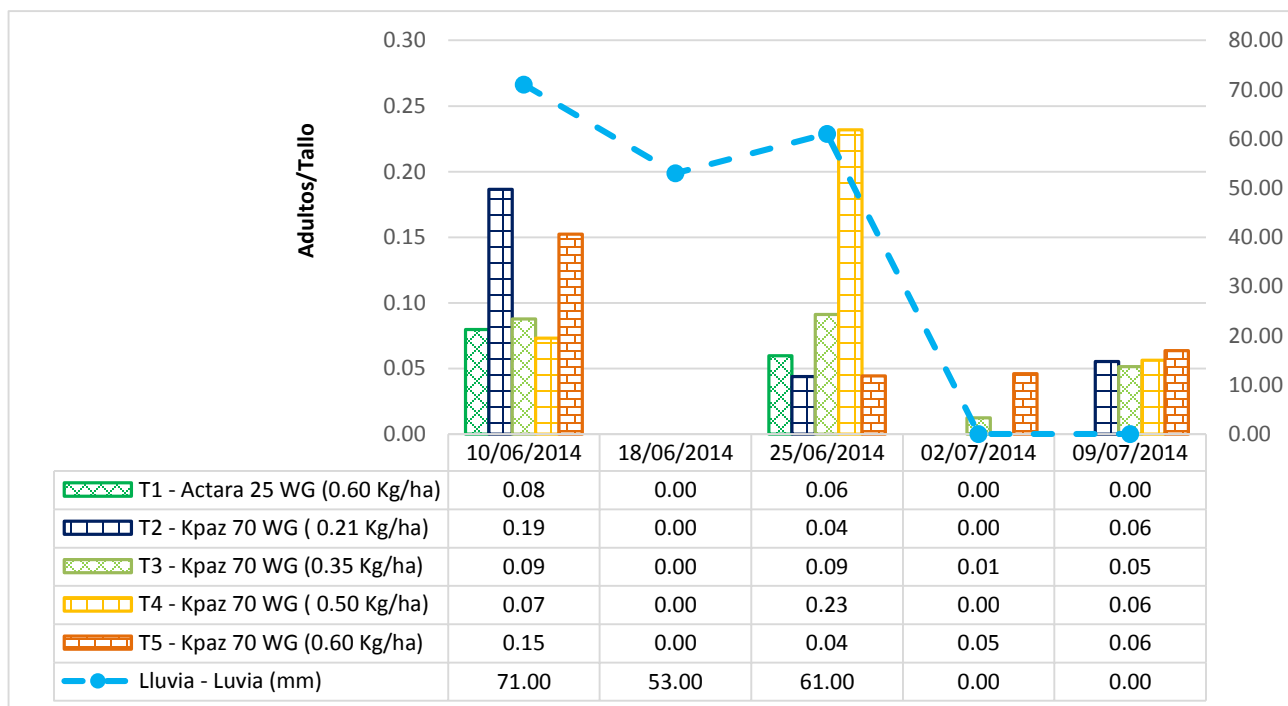
**Figura 52. Efecto de los insecticidas sobre los insectos/tallo a los 28 DDA**

Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 29), no se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de control en insectos/tallos por metro lineal entre los tratamientos ya que el valor de p-valor es de 0.435 siendo este mayor a 0.005.

**Cuadro 29. Resumen del análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de control (Insectos/tallos por metro lineal)**

FUENTE	GL	SC	CM	F-Valor	P-Valor
Descripción	4	0.4471	0.1118	0.99	0.435
Error	20	2.2533	0.1127		
Total	24	2.7004			

En la figura 53, se observa el porcentaje de control en los Adultos/tallos por metro lineal, el comportamiento del tratamiento T1 (Actara 25 WG) tuvo una disminución en la población de 0.06 de adultos en TML en la primera semana después de aplicado en comparación al tratamiento T5 (K-paz 70 WG) que tuvo una disminución de 0.15 Adultos/tallos por metro lineal, siendo los demás tratamientos igual de efectivos en la primera semana de aplicado el tratamiento.



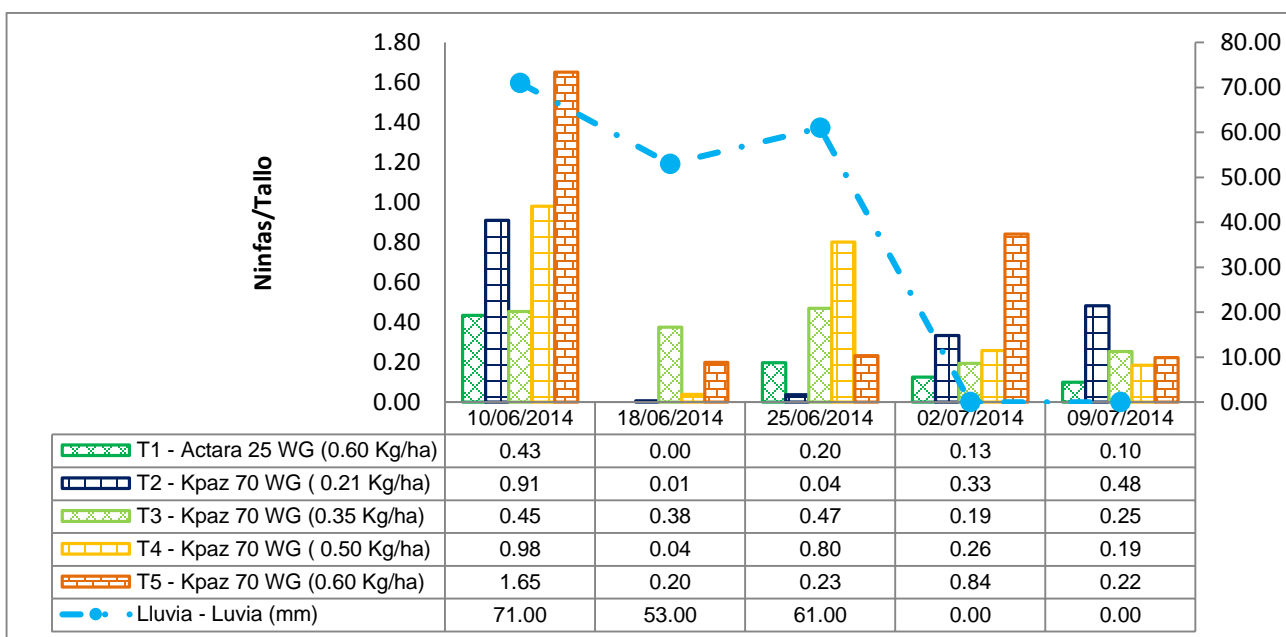
**Figura 53. Efecto de los insectos sobre el factor Adultos/tallos por metro lineal a los 28 DDA**

Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 30), no se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de control en adultos/tallos por metro lineal entre los tratamientos ya que el valor de p-valor es de 0.451 siendo este mayor a 0.005.

**Cuadro 30. Resumen de análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de control de Adultos/tallos por metro lineal.**

FACTOR	GL	SC	CM	F-Valor	P-Valor
Descripción	4	0.006947	0.001737	0.96	0.451
Error	20	0.036172	0.001809		
Total	24	0.043119			

Al aplicar los insecticidas se pretendía obtener la variable de porcentaje de control de ninfas/tallo por metro lineal, relacionado a la precipitación pluvial, ya que a mayor humedad se incrementaría la población, según la figura 54 nos muestra el comportamiento semanal de los tratamientos así también la cantidad de lluvia (mm), en el tiempo de duración del ensayo, también se evaluó la residualidad de los productos aplicados (Actara 25 WG y K-paz 70 WG), para observar los días control que tuvieron desde su aplicación hasta la disminución de ninfas/tallo por metro lineal



**Figura 54. Efecto de los Insecticidas aplicados sobre Ninfas/tallos por metro lineal a los 28 DDA**

En la figura 54, se observa el comportamiento del tratamiento T1 (Actara 25 WG 0.60 Kg/ha) tuvo una disminución en la población de 0.55 de ninfas/tallos por metro lineal en la primera semana después de aplicado, comparándolo con el tratamiento T5 (K-paz 70 WG 0.60 Kg/ha) que tuvo una disminución de 1.40 ninfas/tallo por metro lineal, siendo los demás tratamientos igual de efectivos en la primera semana de aplicado.

**Cuadro 31. Resumen de análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de control de ninfas/tallos por metro lineal.**

FACTOR	GL	SC	CM	F-Valor	P-Valor
Descripción	4	0.3472	0.08680	0.91	0.477
Error	20	1.9070	0.09535		
Total	24	2.2542			

Al realizar el análisis de costo (Cuadro 32), se observa que el tratamiento 1 (Actara 25 WG, 0.60 Kg/ha), tiene un costo menor (\$ 2.20), en comparación a los tratamientos de K-paz y al no haber una diferencia significativa en relación a los diferentes estadios de la chinche salivosa, tratamiento 1 (Actara 25 WG) tuvo más días de control a un costo menor.

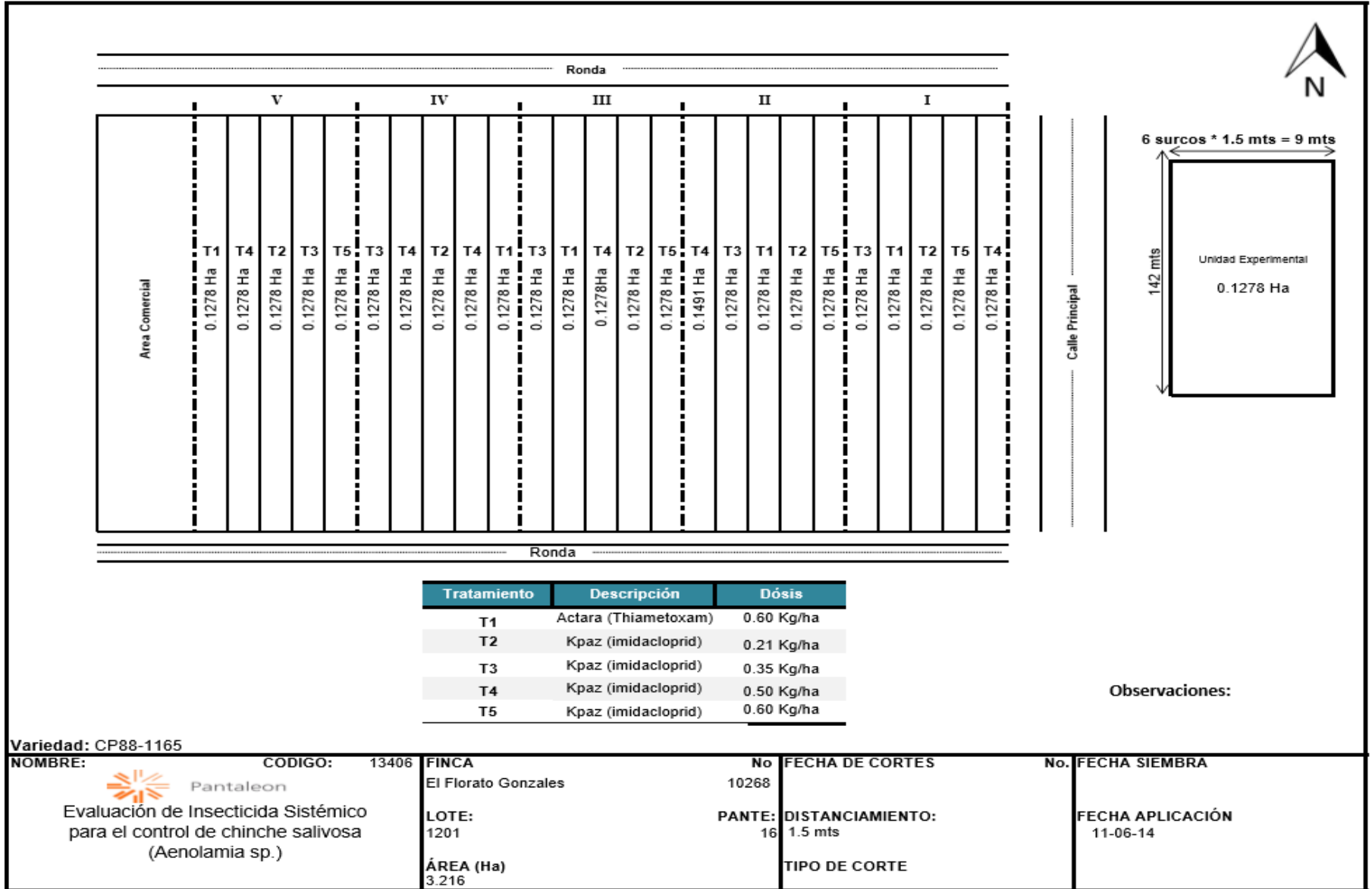
**Cuadro 32. Análisis de costos de los diferentes tratamientos evaluados**

Tratamiento	Producto	Dosis/ha	Casa comercial	Costo Total (\$)	Días de Control	Costo por día de control (\$)
<b>T1</b>	Actara (Thiametoxam)	0.60 Kg/ha	Syngenta	92.27	42	<b>2.20</b>
<b>T2</b>	K-paz (Imidacloprid)	0.21 Kg/ha	FORAGRO	33.7	16	<b>2.11</b>
<b>T3</b>	K-paz (Imidacloprid)	0.35 Kg/ha	FORAGRO	46.84	7	<b>6.69</b>
<b>T4</b>	K-paz (Imidacloprid)	0.50 Kg/ha	FORAGRO	60.91	7	<b>8.70</b>
<b>T5</b>	K-paz (Imidacloprid)	0.60 Kg/ha	FORAGRO	74.31	7	<b>10.62</b>

### 3.5.7 Conclusiones

- 3.5.7.1 Respecto a las diferentes dosis de K-paz evaluadas (0.21, 0.35, 0.50 y 0.60 Kg/ha), para los diferentes estadios evaluados, estadísticamente no se presentó una diferencia significativa, pero en general se pudo observar que en las diferentes dosis de K-paz, disminuyó a la primer semana después de aplicado. Conforme a los muestreos semanales realizados se observó el aumento de la población de chinche salivosa a los quince días después de aplicado lo cual me indica que los días/control de K-paz son por 8 días.
- 3.5.7.2 En el tratamiento T1 (Actara 25 WG, 0.60 Kg/ha) y T5 (K-paz 70 WG, 0.60 Kg/ha) se observó que la población de chinche salivosa en la caña de azúcar, estadísticamente no presentaron diferencias en respuesta al porcentaje de control en los diferentes estadios, siendo el tratamiento 1 donde se aplicó Actara 25 WG, 0.60 Kg/ha el de mejor control a través de los días de control.
- 3.5.7.3 Al día 28 no hay diferencia estadística significativa en la cantidad de adultos/tallo entre los tratamientos, el mejor tratamiento fue donde se aplicó Actara 25 WG a 0.60kg/ha.
- 3.5.7.4 Económicamente el mejor tratamiento en días/control se obtuvo donde se aplicó Actara 25 WG \$2.20 /día durante 42 días en relación al resto de tratamientos.

3.5.8 Croquis de campo



### 3.5.9 Constancias



**Figura 55. Estadío de ninfa 2 de chinche salivosa**



**Figura 56. Momento de aplicación de los tratamientos**



### 3.5.10 Bibliografía

1. CAÑAMIP, GT. 2004. Importancia del control de ninfas de chinche salivosa (*Aeneolamia postica*) en gramíneas. Guatemala, CENGICAÑA, Boletín CAÑAMIP no. 7, 4 p.
2. Marquéz, JM; Hidalgo, H; Asencio, J. 2001. Estudio de las pérdidas causadas por chinche salivosa (*Aeneolamia* spp.) en tres etapas fenológicas de la caña de azúcar. *In* Memoria presentación de resultados de investigación, zafra 2000-2001. Guatemala, CENGICAÑA. p. 69- 76.
3. Spaans, E. 2012. Informe de visita a las areas de la Corporacion Pantaleón. Guatemala. p. 1-19.