

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) A
LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, DIAGNÓSTICO Y
SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

MAURO ALEJANDRO MORALES GAYTÁN

GUATEMALA, ENERO DE 2020

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

**RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) A
LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, DIAGNÓSTICO Y
SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

MAURO ALEJANDRO MORALES GAYTÁN

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

EN

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

GUATEMALA, ENERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympto Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	P. Agr. Sergio Wladimir González Paz,
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, ENERO DE 2020

Guatemala, enero de 2020

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, 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”

MAURO ALEJANDRO MORALES GAYTÁN

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Y LA VIRGEN MARÍA Por darme la salud y la sabiduría para culminar esta etapa de mi formación profesional.

MIS PADRES Silvia Patricia Gaytán Mejía de Morales y Juan Antonio Morales López, por ser mi gran ejemplo a seguir, por ser mi fortaleza, por su amor y apoyo incondicional, gracias por sus consejos y enseñarme que luchando en esta vida todo se puede.

MI HERMANO Antonio José Morales Gaytán por su cariño, confianza y por el apoyo brindado.

MIS ABUELITAS Silvia Mejía de Gaytán y Delfina López de Morales (Q. E. P. D) por ser un ejemplo de cariño, amor y esfuerzo.

MIS ABUELITOS Mauro Emilio Gaytán Martínez (Q. E. P. D) y Juan José Morales España por su apoyo y cariño brindado durante mi etapa de formación.

MI TIO Ing. Julio Cesar Morales España por su apoyo y cariño incondicional, por sus consejos que llevare siempre presentes a lo largo de mi vida y durante mi carrera profesional y por ser un ejemplo a seguir de profesionalismo.

MIS TIOS

Ana Lilian de Morales, Gustavo Adolfo Morales, Mónica Gaytán, Roció Gaytán, Paola Gaytán, Mauro Leonel Gaytán por su apoyo, cariño y consejos.

MIS AMIGOS

Javier García, Sergio Lemus, Samuel Baeza, Leibert Martínez, Guillermo Navas, Max Soto, Pedro Arriola, Luis Juárez, Guillermo Meza, Alejandro Chex, Felix Martínez, Luis Castillo, Tania Izeppi, Mayreli Pereira, Sergio García, Wilmer Colocho, Leopoldo Valle, Diego Pellecer, Carlos Pellecer, Marcelo Arreola, José Paniagua, Ricardo López, Elmer Bala, Juan Ruano, Alejandro Duque, Cristian Zamora, Alfonso Hernández, Wilson Gonzales, Victor Cazali, Rudy Coloma, Christa Diéguez, María del Mar Ramírez, Marisol Morales.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores Dr. Ing. Agr. Aníbal Sacbaja e Ing. Agr. Felix Martínez por su amistad, sus consejos, su constante apoyo y su colaboración en el enriquecimiento de este documento.

Mi supervisor Ing. Fernando Rodríguez Bracamonte por su apoyo, consejos y colaboración en mi formación profesional.

Familia Morales Pérez Ing. Julio Cesar Morales España, Ana Lilian de Morales, Julio Cesar Morales Pérez y Julio Alejandro Morales Pérez por su cariño incondicional, apoyo brindado y momentos compartidos durante mi formación profesional.

A mi abuelita Silvia Patricia de Gaytán por estar siempre presente apoyándome durante mi vida estudiantil.

Primos José Ángel Gaytán, Rodrigo Medinilla, Julio Cesar y Julio Alejandro Morales Pérez por su cariño, apoyo y momentos compartidos.

Familia Morales López Rosa, Mayra, Cristina, Patricia y Víctor Hugo por su apoyo.

Ing. Agr. Ronald Pocasangre Por sus consejos y conocimientos brindados durante mi ejercicio profesional supervisado.

Don Yovani Castillo Zuleta Por su amistad, consejos y apoyo brindado durante mi ejercicio profesional supervisado.

Ingenio Magdalena Por brindarme la oportunidad de desarrollar mi ejercicio profesional supervisado como parte de su equipo de trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TÍTULO	Página
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LOS POZOS DEL SISTEMA DE MINI	
ASPERSIÓN DE LA FINCA SANTA RITA, INGENIO MAGDALENA.	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 MARCO REFERENCIAL.....	4
1.3.1 Ubicación.....	4
1.3.2 Zona de vida.....	4
1.3.3 Condiciones climáticas de la finca Santa Rita	5
1.3.4 Hidrografía.....	5
1.3.5 Suelos.....	6
1.3.6 Uso actual de la tierra.....	6
1.4 METODOLOGÍA	6
1.4.1 Reconocimiento de la finca Santa Rita.....	6
1.4.2 Elaboración de preguntas para obtención de información primaria a nivel de campo	7
1.4.3 Aforamiento para determinar el caudal de los pozos.....	7
1.4.4 Cálculo de la lámina diaria aplicada	8
1.4.5 Toma de presiones de los últimos aspersores	9
1.4.6 Estimación del tiempo del cambio de turno	9
1.4.7 Obtención de datos del diseño de mini aspersión elaborado por el ingenio y cálculo del porcentaje de disminución del caudal.....	10
1.4.8 Identificación y análisis de problemas	11
1.5 RESULTADOS.....	11
1.5.1 División de la finca Santa Rita para el riego por mini aspersión	11
1.5.2 Partes esenciales del sistema de los pozos mecánicos	14

	Página
1.5.3	Capacidad de almacenamiento y consumo de combustible de los pozos..... 15
1.5.4	Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo uno..... 16
1.5.5	Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo dos..... 17
1.5.6	Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo tres..... 18
1.5.7	Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo cuatro..... 19
1.5.8	Estado actual de los implementos de riego del sistema de mini aspersión de los pozos mecánicos..... 20
1.6	Identificaron y análisis del problema..... 22
1.6.1	Diagrama de Pareto 22
1.6.2	Diagrama de Ishikawa para ramales con fugas..... 24
1.6.3	Diagrama de Ishikawa para menor lámina de riego diaria aplicada 25
1.6.4	Diagrama de Ishikawa de producción de arena 26
1.6.5	Diagrama de Ishikawa disminución de caudal 27
1.7	CONCLUSIONES 28
1.8	RECOMENDACIONES..... 28
1.9	BIBLIOGRAFÍA..... 29
1.10	ANEXOS..... 30
CAPÍTULO II: RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A..... 31	
2.1	PRESENTACIÓN 33
2.2	MARCO CONCEPTUAL..... 35
2.2.1	Importancia del potasio en la planta..... 35
2.2.2	Importancia del nitrógeno en la planta 43
2.2.3	Antecedentes de investigación..... 51
2.3	MARCO REFERENCIAL 52
2.3.1	Lugar de realización del estudio..... 52

	Página
2.3.2	Material experimental 54
2.4	OBJETIVOS..... 57
2.4.1	Obejtivo general..... 57
2.4.2	Objetivos específicos..... 57
2.5	HIPÓTESIS 57
2.6	METODOLOGÍA 58
2.6.1	Tratamientos y niveles de fertilización 58
2.6.2	Diseño experimental 58
2.6.3	Unidad experimental y aleatorización 59
2.6.4	Variables respuesta 60
2.6.5	Manejo agronómico del experimento 65
2.6.6	Cosecha 72
2.7	Análisis de la información 73
2.8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN 73
2.8.1	Índices de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar..... 74
2.8.2	Toneladas de caña por hectárea (TCH) 75
2.8.3	Concentración de sacarosa (kg/Tm)..... 76
2.8.4	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)..... 77
2.9	CONCLUSIONES 79
2.10	RECOMENDACIONES 80
2.11	BIBLIOGRAFÍA 81
2.12	ANEXOS 84
	CAPÍTULO III: PROYECTOS PROFESIONALES REALIZADOS. 103
3.1	Presentación 105
3.2	Anexo 1 del capítulo III. Evaluación de la eficiencia de control de malezas en pre emergencia de herbicidas con el mismo ingrediente activo de distintas casas comerciales.....107

	Página
3.3 Anexo 2 del capítulo III. Evaluación de las familias químicas Glicinas, Triazinas y Traizolinona en post emergencia para el control de malezas.....	121
3.4 Anexo 3 del capítulo III. Determinación de los grados Brix y clorofila a los 31 días después de la aplicación de micronutrientes.....	131
3.5 Anexo 4 del capítulo III. Mapeo de los puntos de bombeo superficiales, pozos mecánicos y tapas de nivel freático de la región central norte.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
Figura 1. Climograma del municipio de la Democracia, Guatemala, año 2015 a 2018.....	5
Figura 2. Aforo de aspersores por ramal.....	8
Figura 3. Toma de presión con el manómetro de glicerina con acople de aguja.	9
Figura 4. Ubicación de los pozos mecánicos.	13
Figura 5. Partes esenciales del sistema de los pozos mecánicos.....	14
Figura 6. Hidrantes.....	20
Figura 7. Fuga del ramal.....	21
Figura 8. Ruptura del ramal	21
Figura 9. Arena lanzada por los pozos al momento de aforar.....	21
Figura 10. Curva de Pareto de la frecuencia acumulada de los problemas observados en los pozos mecánicos de la finca Santa Rita.....	23
Figura 11. Dinámica del potasio en el suelo	37
Figura 12. Efecto de la aplicación de 120 kg de k_2O /ha en la respuesta a N en el rendimiento de azúcar (T/ha) con un suelo que posee 86 mg/kg.	41
Figura 13. Efecto de la aplicación de 120 kg de k_2O /ha en la respuesta a N en el rendimiento de azúcar (T/ha) con un suelo que posee 203 mg/kg.....	41
Figura 14. Relación entre la materia orgánica del suelo y porcentaje de incremento del tonelaje a las aplicaciones de nitrógeno.....	49

Página

Figura 15. Climograma del parcelamiento los Ángeles, Puerto San José Escuintla.	53
Figura 16. A) Toma de altura de tallos. B) Conteo de tallos en 10 m lineales.	61
Figura 17. Medición del número de entrenudos en cada unidad experimental	62
Figura 18. Primera hoja con cuello visible (TVD) muestreada para el análisis de tejido vegetal.....	63
Figura 19. Toma del peso de cada unidad experimental.....	64
Figura 20. A) Tolete. B) Corte de tolete.....	66
Figura 21. Recipiente para la cura de semilla	67
Figura 22. A) Distribución de toletes. B) Traslape y colocación de toletes.	68
Figura 23. Paso de la cultivadora	72
Figura 24. A) Pureza de jugo de las cinco variedades. B) Pol de las cinco variedades.	77
Figura 25A. Q-Q plot para los residuos de la variable población.....	86
Figura 26A. Q-Q plot para los residuos de la variable altura.	86
Figura 27A. Q-Q plot para los residuos de la variable número de entrenudos.	87
Figura 28A. Q-Q plot para los residuos de la variable diámetro.	87
Figura 29A. Q-Q plot para los residuos de la variable TCH.....	88
Figura 30A. Q-Q plot para los residuos de la variable sacarosa (kg/Tm).	88
Figura 31A. Q-Q plot para los residuos de la variable TAH.....	89
Figura 32A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable población.....	89
Figura 33A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable altura	90
Figura 34A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable entrenudos.	90
Figura 35A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable diámetro.....	91
Figura 36A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable TCH.....	91
Figura 37A . Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable TAH.....	92

	Página
Figura 38A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable sacarosa (kg/Tm).....	92
Figura 39A. Mapa de localización de las vetas de arena.	102
Figura 40. Terreno después del paso de la rastra.....	110
Figura 41. Recorrido de cada unidad experimental para la colocación de porcentajes.....	110
Figura 42. Aplicación foliar.....	124
Figura 43. Recorrido de cada unidad experimental para la colocación de porcentajes.....	124
Figura 44. Toma de clorofila hoja TVD.....	134
Figura 45. Toma de grados Brix.....	134
Figura 46. Comportamiento de la clorofila a los 31 días después de la aplicación.....	135
Figura 47A. Mapa de la administración Velásquez.....	158
Figura 48A. Mapa de la administración Buganvilia.....	159

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
Cuadro 1. Número de identificación de los pozos y hectáreas bajo riego.....	12
Cuadro 2. Capacidad de almacenamiento y consumo de combustible de los pozos.....	15
Cuadro 3. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño del año 2013 elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.	16
Cuadro 4. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.	17
Cuadro 5. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.	18
Cuadro 6. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.	19
Cuadro 7. Frecuencia y porcentaje acumulado para la elaboración del diagrama de Pareto.....	22

Página

Cuadro 8A. Preguntas realizadas al personal de riego.	30
Cuadro 9. Efecto del potasio en el porcentaje de la pureza del jugo en dos suelos Andisoles de Guatemala.	42
Cuadro 10. Recomendaciones de dosis de potasio en la zona cañera de Guatemala.	43
Cuadro 11. Recomendaciones de dosis de nitrógeno (kg N/ha) para el cultivo de caña de azúcar.	50
Cuadro 12. Resultados del análisis de suelo de la finca Luceros.	54
Cuadro 13. Variedades evaluadas en el ensaño.	58
Cuadro 14. Tratamientos evaluados de las diferentes dosis de nitrógeno, potasio, fósforo y yeso en kg/ha aplicados a un suelo Entisol (tratamientos).	59
Cuadro 15. Distribución de los tratamientos en la finca Luceros.	60
Cuadro 16. Fincas donde se obtuvieron las semillas de las distintas variedades.	66
Cuadro 17. Mezcla para control de malezas en pre emergencia.	69
Cuadro 18. Mezcla para control de malezas en post emergencia.	69
Cuadro 19. Mezcla para el control del saltón coludo (<i>Saccharosydne saccharivora</i>).	70
Cuadro 20. Prueba de media Tukey para la variable altura.	75
Cuadro 21A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable población.	84
Cuadro 22A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable altura.	84
Cuadro 23A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable número de entrenudos.	84
Cuadro 24A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable diámetro.	84
Cuadro 25A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable TCH.	85
Cuadro 26A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable TAH.	85
Cuadro 27A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable sacarosa.	85
Cuadro 28A. Comportamiento de las variedades CG 02-163 y CP 02-1564 sobre los índices de desarrollo en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).	93

Cuadro 29A. Comportamiento de las variedades CP 72-2086 y RB 84-5210 sobre los índices de desarrollo en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).....	93
Cuadro 30A. Comportamiento de la variedad SP 83-2847 sobre los índices de desarrollo en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).	94
Cuadro 31A. Análisis de varianza para la variable población en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).	94
Cuadro 32A. Análisis de varianza para la variable altura en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).	95
Cuadro 33A. Análisis de varianza para la variable número de entrenudos en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).	95
Cuadro 34A. Análisis de varianza para la variable diámetro de entrenudos en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).	96
Cuadro 35A. Análisis de varianza para la variable población en la etapa de macollamiento (53 días después de la siembra).....	96
Cuadro 36A. Análisis de varianza para la variable población en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).	97
Cuadro 37A. Análisis de varianza para la variable altura en la etapa de macollamiento (53 días después de la siembra).....	97
Cuadro 38A. Análisis de varianza para la variable altura en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).	98
Cuadro 39A. Análisis de varianza para la variable número de entrenudos en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).....	98
Cuadro 40A. Análisis de varianza para la variable diámetro en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).	99
Cuadro 41A. Rendimiento de toneladas de caña por hectárea de las 5 variedades.....	99
Cuadro 42A. Análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea (TCH).	100
Cuadro 43A. Concentración de sacarosa (kg/Tm) de las 5 variedades.	100

Página

Cuadro 44A. Análisis de varianza para la variable concentración de sacarosa (kg/Tm).....	101
Cuadro 45A. Toneladas de azúcar por hectárea (TAH) de las cinco variedades.....	101
Cuadro 46A. Análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea (TAH).....	102
Cuadro 47. Descripción de los tratamientos utilizados en pre emergencia.....	109
Cuadro 48. Tratamientos agrupados por ingrediente activo.....	111
Cuadro 49. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo Izoxaflutole (grupo1).....	112
Cuadro 50. Malezas presentes en los tratamientos T1 (Merlin total 60 EC Bayer), T 2 (Merlin75 WG, Foragro) y T3 (Merlin 75 WG, Rainbow).....	112
Cuadro 51. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo Amicarbazone (grupo2).....	113
Cuadro 52. Malezas presentes en los tratamientos T4 (Dinamic 70 WG Arysta) Y T5 (Volcano 70 WG Foragro).....	113
Cuadro 53. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo Acetoclor (grupo3).....	114
Cuadro 54. Malezas presentes en los tratamientos T6 (Harness 90 EC Monsanto), T7 (Acetofor 90 EC Foragro) y T8 (Acetomax 90 Rainbow).....	115
Cuadro 55. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo la Ametrina (grupo4).....	115

	Página
Cuadro 56. Maleza presente en los tratamientos T9 (Zafrero 50 SC Agrocentro) y T10 (Amepax 50 WG Rainbow).....	116
Cuadro 57A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Izoxaflutole (grupo1).....	117
Cuadro 58A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Amicarbazone (grupo2).....	117
Cuadro 59A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Acetoclor (grupo3).....	118
Cuadro 60A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Ametrina (grupo4).....	118
Cuadro 61A. Resultados de la aplicación de los tratamientos a los 25 días.....	119
Cuadro 62. Descripción de los tratamientos en Post emergencia.....	124
Cuadro 63. Prueba de Friedman.....	125
Cuadro 64. Clasificación de los rangos de los tratamientos por Friedman.....	126
Cuadro 65A. Malezas presentes en la toma de datos en el ensayo de post emergencia.....	128
Cuadro 66A. Porcentaje de las malezas presentes en el ensayo de post emergencia.....	129
Cuadro 67A. Resultados de la aplicación de los tratamientos a los 14 días.....	129
Cuadro 68A. Análisis de Shapiro Wilks para a variable porcentaje de control.....	130
Cuadro 69A. Promedio de los datos de clorofila.....	139
Cuadro 70A. Promedio de los datos de los grados Brix en la base, parte media y la punta.....	139
Cuadro 71A. Prueba de T de Student para la variable clorofila.....	140
Cuadro 72A. Prueba de T de Student para la variable grados Brix de la Base.....	140

	Página
Cuadro 73A. Prueba de T de Student para la variable de los grados Brix de la parte media.....	141
Cuadro 74A. Prueba de T para la variable de los grados Brix de la punta.....	141
Cuadro 75A. Prueba de T de Student para la variable Zinc.....	142
Cuadro 76A. Prueba de T de Student para la variable Manganeso.....	142
Cuadro 77A. Formulario de los pozos mecánicos.....	149
Cuadro 78A. Formulario de Bombesos agua superficial.....	150
Cuadro 79A. Formulario de las tapas de nivel freático.....	150
Cuadro 80A. Parámetros de operación de los pozos mecánicos de la administración Buganvilia.....	151
Cuadro 81A. Parámetros de operación de los pozos mecánicos de la administración Velásquez.....	152
Cuadro 82A. Puntos de Bombeo administración Buganvilia.....	153
Cuadro 83A. Puntos de bombeo administración Velásquez.....	155
Cuadro 84A. tapas de nivel freático.....	156

RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

Este documento es una recopilación de las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) de febrero a noviembre de 2018, en el departamento de campo del Ingenio Magdalena ubicado en el municipio La Democracia, Escuintla. Está compuesto por los capítulos: un diagnóstico de los pozos del sistema de mini aspersión de la finca Santa Rita, una investigación titulada “Respuesta de cinco variedades de caña (*Saccharum spp.*) a la aplicación de nitrógeno y potasio, finca Luceros, Puerto de San José, Escuintla, Guatemala, C.A.” y un Informe de los servicios profesionales realizados a la institución mencionada.

El primer capítulo está conformado por el diagnóstico a los pozos del sistema de mini aspersión de la finca Santa Rita, para lo cual se utilizó el diagrama de Pareto para identificar los principales problemas que afectan a los pozos mecánicos, encontrando cuatro problemas que se presentan con mayor frecuencia: menor lámina de riego diaria aplicada, producción de arena, disminución de caudal y ramales con fugas. A cada uno de los cuatro problemas mencionados se les realizó el diagrama de Ishikawa para obtener las causas de origen.

El segundo capítulo trata sobre la investigación, cuyo propósito principal fue evaluar distintos niveles de nitrógeno y potasio en las variedades CP 72-2086, CP 02-1564, SP 83-2847, RB 84-5210 y CG02-163.

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, la parcela grande eran las cinco variedades y la parcela pequeña los distintos niveles de nitrógeno y potasio.

Se evaluaron las variables: índices de desarrollo los cuales fueron la población, altura, número y diámetro de entrenudos, para la toma de estos índices se realizaron tres lecturas: etapa de macolla miento, elongación y maduración de la caña de azúcar. La segunda variable evaluada fueron los índices de rendimiento los cuales fueron TCH (toneladas de caña por hectárea), kg/Tm de azúcar (kilogramos de azúcar por tonelada métrica) y TAH (Toneladas de azúcar por hectárea).

Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación de distintos niveles de fertilización (N y K), la variedad y la interacción de los dos factores no tuvieron efectos significativos en los índices de desarrollo y rendimiento.

El tercer capítulo presenta los servicios profesionales realizados para el Ingenio Magdalena. Los servicios realizados comprenden los proyectos: 1) Evaluación de la eficiencia de control de malezas en pre emergencia de herbicidas con el mismo ingrediente activo de distintas casas comerciales. 2) Evaluación de las familias químicas Glicinas, Triazinas y Traizolinona en post emergencia para el control de malezas. 3) Determinación de los Grados Brix y clorofila a los 31 días después de la aplicación foliar de micronutrientes. 4) Mapeo de los puntos de bombeo superficiales, pozos mecánicos y tapas de nivel freático de la región Central Norte.

Con los proyectos mencionados se generó la siguiente información: 1) La utilización de los distintos ingredientes inertes no tuvieron un efecto sinérgico con el ingrediente activo. 2) Las Glicinas presentaron mayor porcentaje de control que las Triazinas y Triazolinonas en post emergencia. 3) A los 31 días después de la aplicación de micronutrientes no se obtuvo diferencia significativa en la clorofila y los grados Brix. 4) La Región Central Norte tiene 117 puntos de bombeo los cuales benefician 8,765 ha, se elaboran 83 tapas de nivel freático de las cuales 47 son elaboradas con arena utilizando 169 horas máquina y 36 tapas son elaboradas con costales. El número total de pozos mecánicos utilizados por la Región Central Norte son 37 de los cuales 15 no cumplen con la profundidad de la columna de agua para el buen funcionamiento de la bomba sumergible.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LOS POZOS DEL SISTEMA DE MINI ASPERSIÓN DE LA FINCA SANTA RITA, INGENIO MAGDALENA.

1.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Magdalena es el más grande de Guatemala según Cengicaña (2013) teniendo bajo su administración 51,506.36 ha divididas en 6 regiones: Occidente, Occidente Centro, Central Norte, Central Sur, Oriente Centro y Oriente para lograr un mejor manejo y control, siendo la región Central Norte la más grande en cuanto a extensión (13,772.50 ha).

La región Central Norte se encuentra regada con distintos sistemas: aspersión (3,595.92 ha), bombeo gravedad (96.81 ha), goteo (300.18 ha), gravedad (2610.12 ha), mecanizado (853.51 ha) y mini aspersión (5,508.11 ha), dentro de esta región se encuentra la finca Santa Rita, la cual es regada con el sistema de mini aspersión. Con fines de riego la finca se divide en cuatro módulos utilizando como fuente de agua pozos mecánicos, actualmente el ingenio está enfocando en el buen funcionamiento de los pozos mecánicos para poder obtener una eficiencia en cuanto al riego de mini aspersión. En el presente diagnóstico se utilizó el diagrama de Pareto para identificar los principales problemas que afectan a los pozos mecánicos, encontrando cuatro problemas que se dan con mayor frecuencia, los cuales son: menor lámina de riego diaria aplicada, producción de arena, disminución de caudal y ramales con fugas. A cada uno de los cuatro problemas identificados se les realizó el diagrama de Ishikawa para obtener las causas que daban su origen.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

1. Conocer el estado de los pozos mecánicos del sistema de riego de mini aspersión de los módulos de la finca Santa Rita del Ingenio Magdalena.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar los principales problemas que afectan el funcionamiento del sistema de mini aspersión de los pozos mecánicos.
2. Identificar las causas que dan origen a los problemas en el sistema de mini aspersión de los pozos mecánicos.
3. Identificar el problema más importante.

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Ubicación

La finca Santa Rita se encuentra ubicada en el municipio de la Democracia, del Departamento de Escuintla aproximadamente a 115 Km de la ciudad de Guatemala. Con una Latitud Norte $14^{\circ} 7' 39.39''$, Longitud Oeste $90^{\circ} 57' 54.11''$ y colinda al Norte con la finca San Patricio, al Sur con la finca el Baúl, al Este con finca Santa Mónica y al Oeste con finca Santa Ricarda.

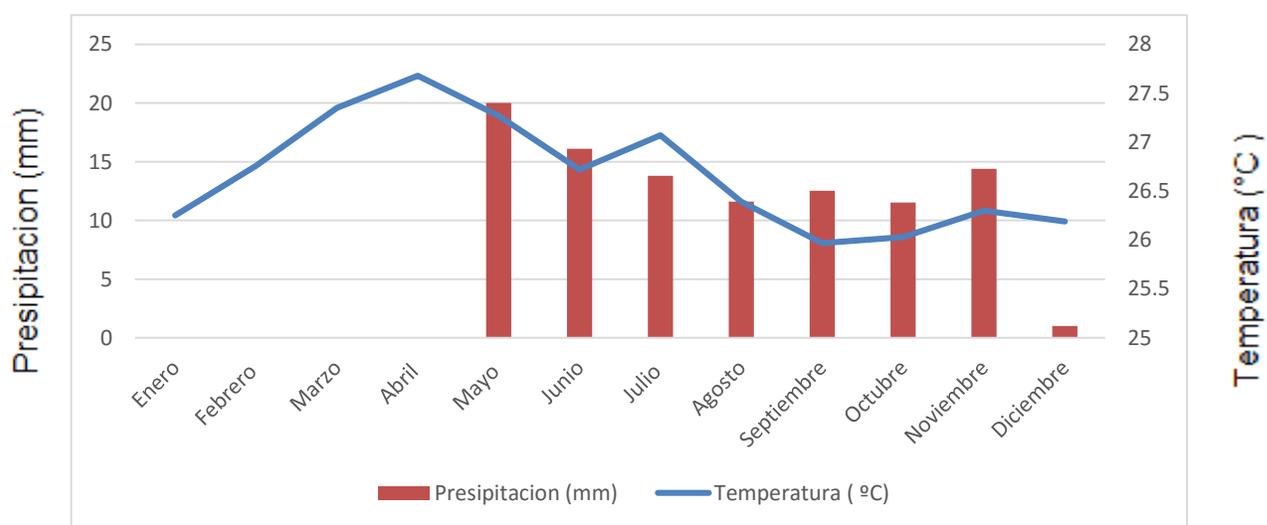
1.3.2 Zona de vida

Según por la metodología propuesta por Holdridge la Finca Santa Rita se encuentra clasificada dentro de la zona de vida subtropical húmeda, con zonas de transición de la zona sub húmeda con partes de humedad semiárida (Orozco, Soto, Pérez, Ventura, & Recinos 1995) la cual se caracteriza por poseer una precipitación de 1,700 mm y una temperatura

promedio de 27.01 °C. Está ubicada en la llanura costera del Pacífico, abanico aluvial de los ríos Achiguate y Acomé (Orozco, Soto, Pérez, Ventura, & Recinos 1995).

1.3.3 Condiciones climáticas de la finca Santa Rita

Debido a que la finca está Ubicada en el departamento de Escuintla en el municipio de la Democracia, está posee un clima cálido en las cuales las temperaturas varían teniendo así una temperatura máxima de 27.5 °C y una mínima de 25 °C grados centígrados. En la figura 1 se presenta el climograma:



Fuente: elaboración en base a ICC, 2015 a 2018.

Figura 1. Climograma del municipio de la Democracia, Guatemala, año 2015 a 2018

1.3.4 Hidrografía

Vertiente del Pacífico, comparte 2 cuencas, área de captación del Río Achiguate, y Área de captación del río Acomé (Orozco, Soto, Pérez, Ventura, & Recinos 1995).

1.3.5 Suelos

La Finca Santa Rita cuenta con suelos Entisoles, que se pueden describir como no evolucionados de perfil AC, muy permeables, de textura gruesa. Presenta déficit de agua en verano (Orozco, Soto, Pérez, Ventura, & Recinos, 1995).

1.3.6 Uso actual de la tierra

El uso principal que se le da a la finca Santa Rita es para cultivar caña de azúcar. Anteriormente una parte de la finca era destinada para la realización de piletas que almacenaban vinaza, actualmente las piletas se encuentran ubicadas en la finca San Patricio.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Reconocimiento de la finca Santa Rita

Se recorrió la finca para un reconocimiento acompañado del caporal encargado del área de riegos, se apreció la ubicación y funcionamiento de los pozos mecánicos, sus principales partes que los conformaban: tanque de combustible, filtro de grava, motor de combustión interna, bomba sumergible, cabezal de accionamiento con engranajes cónicos para toma de fuerza horizontal. Se observaron a detalle las actividades del personal: cambio de las tuberías al término de cada turno de riego, toma de presiones de los últimos aspersores, instalación de cada aspersor en los ramales, toma de caudal de cada pozo y chequeo de las RPM (revoluciones por minuto) del motor.

1.4.2 Elaboración de preguntas para obtención de información primaria a nivel de campo

Se plantearon un conjunto de preguntas las cuales facilitaron el cuestionamiento para conocer el sistema de riego por mini aspersión, especialmente lo relacionado con el funcionamiento, diseño y objetivos de los pozos (cuadro 8A).

1.4.3 Aforamiento para determinar el caudal de los pozos

Para aforar los pozos se procedió:

- Conectar la manguera en la boquilla del primer aspersor del primer ramal el cual es el más cercano al pozo mecánico, se tomó el tiempo en llenar un galón. Se realizaron 5 repeticiones para obtener un promedio, se realizó lo mismo con el último aspersor del mismo ramal, al obtener el promedio de este último aspersor se sumó con el promedio del primer aspersor y se dividió dentro de dos para obtener un promedio del tiempo en el cual se llena un galón por ramal (figura 2).
- Se realizó el procedimiento anterior para el último ramal. Al obtener el promedio del caudal descargado en galones/minuto del primer y último ramal se sumaron y se dividieron entre dos para obtener el caudal en general del ramal posteriormente se calculó el caudal del pozo mediante la ecuación:
- **Caudal del pozo** = caudal en general de los ramales $\left(\frac{\text{gal}}{\text{min}}\right)$ * número de aspersores utilizados.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 2. Aforo de aspersores por ramal.

1.4.4 Cálculo de la lámina diaria aplicada

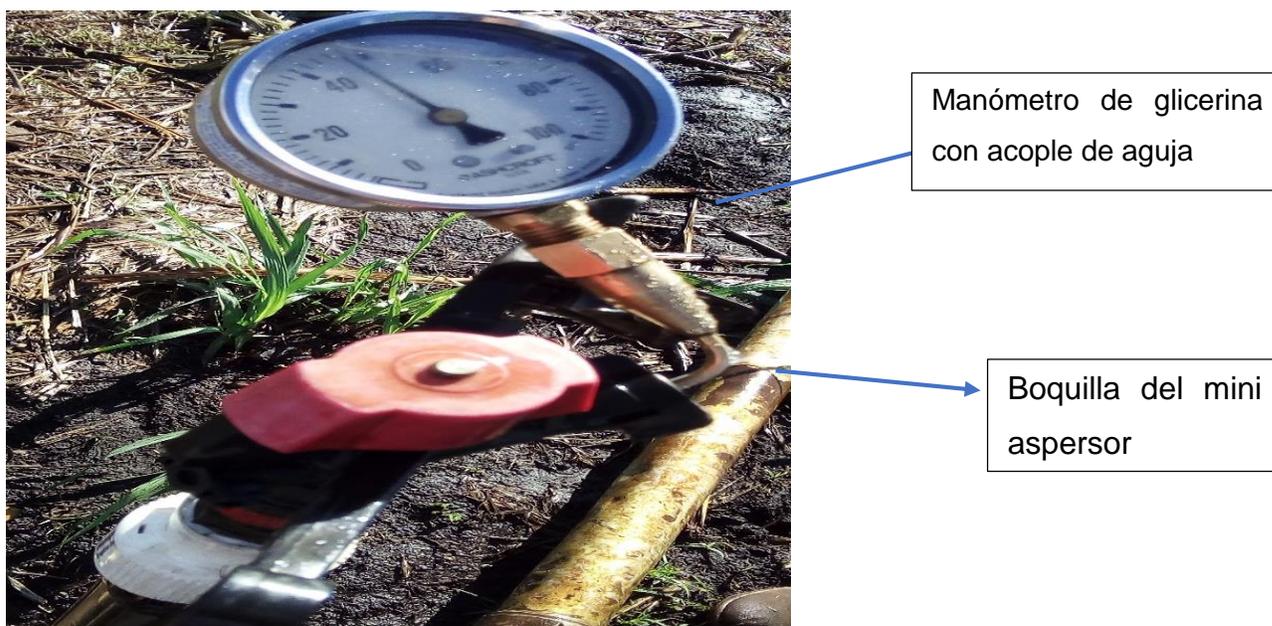
Para obtener la lámina diaria aplicada por cada uno de los pozos se realizó mediante la siguiente ecuación:

- $$Lamina (mm) = \left(\frac{\text{caudal } (m^3/h) \times \text{Horas de riego por día}}{\text{Área regada } (m^2)} \right) \times 100 \text{ cm} \times 10 \text{ mm}$$

El resultado de la operación que se encuentra en paréntesis da el resultado en metros por lo cual para obtenerlo en milímetros se multiplicó con los valores que se observan al final de la ecuación.

1.4.5 Toma de presiones de los últimos aspersores

Se tomó la presión en los últimos aspersores del último ramal debido a que estos reflejan si la presión es constante (45 PSI), factores como fugas, pérdidas por fricción etc. reducen dichas presiones. Se tomó estas presiones utilizando manómetros de glicerina con acople de aguja el cual se introducía en boquilla del aspersor (figura 3).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 3. Toma de presión con el manómetro de glicerina con acople de aguja.

1.4.6 Estimación del tiempo del cambio de turno

Para estimar el tiempo en el cambio de turno, se anotó los minutos que el personal ocupa en la colocación de los aspersores, colocación de los ramales a los hidrantes y el movimiento del ramal de un punto a otro en los cuales entre cada punto hay tres surcos de por medio. Estos cambios del equipo de riego se realizan de diciembre a abril.

1.4.7 Obtención de datos del diseño de mini aspersión elaborado por el ingenio y cálculo del porcentaje de disminución del caudal

Para comparar los datos obtenidos en campo con los parámetros de diseño agronómico de riego se solicitó a las oficinas administrativas de la finca el mapa del diseño de mini aspersión elaborado por el departamento de inteligencia agrícola en el cual se muestra la división de la finca, número de hectáreas que riega cada pozo y el diseño hidráulico de cada pozo con la información:

1. Profundidad que poseían los pozos (pies).
2. Caudal de los pozos (galones por minuto).
3. Horas que debían operar al día.
4. Número de aspersores que debe trabajar.
5. Lámina diaria que se debe aplicar.
6. Presión del último aspersor (PSI).

Con esta información se realizaron cuadros comparando los parámetros recolectados en campo con los del diseño. Estimando el porcentaje de disminución del caudal mediante la relación:

$$\bullet \quad \frac{100\% - \text{Caudal de diseño}}{\text{Caudal obtenido en campo}}$$

Una vez obtenido el porcentaje en la relación anterior, la cantidad se les restaba al cien por ciento para obtener en realidad cuanto ha bajado con base al de diseño.

1.4.8 Identificación y análisis de problemas

Para la identificación de la problemática se utilizó el diagrama de Pareto, realizando cuatro visitas, en cada una se anotaba los problemas observados para obtener la frecuencia de cada uno. Para obtener las causas que provocaban los principales problemas obtenidos con el diagrama de Pareto se utilizó el diagrama de Ishikawa.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 División de la finca Santa Rita para el riego por mini aspersión

La finca Santa Rita para ser regada por mini aspersión se encuentra dividida en cuatro módulos los cuales poseen un pozo mecánico. Cada pozo mecánico posee una identificación de pozo (ID) que es un número de identificación con el cual se encuentra identificado en el ingenio para llevar un registro de las actividades, área regada y mantenimiento. Cada pozo riega un área específica (cuadro 1).

Cuadro 1. Número de identificación de los pozos y hectáreas bajo riego.

Número de modulo	ID (Identificación del pozo)	Hectáreas bajo riego (ha)	Ubicación
1	33-708	163.72	En medio de los lotes 120102 y 120105 en el pante número 7 (figura 4).
2	33-709	124.37	En el lote 120111 en el pante número 40 (figura 4).
3	33-898	173.55	En el lote 120121 en el pante número 73 (figura 4).
4	33-536	112.98	En el lote 120125 en el pante número 90 (figura 4)

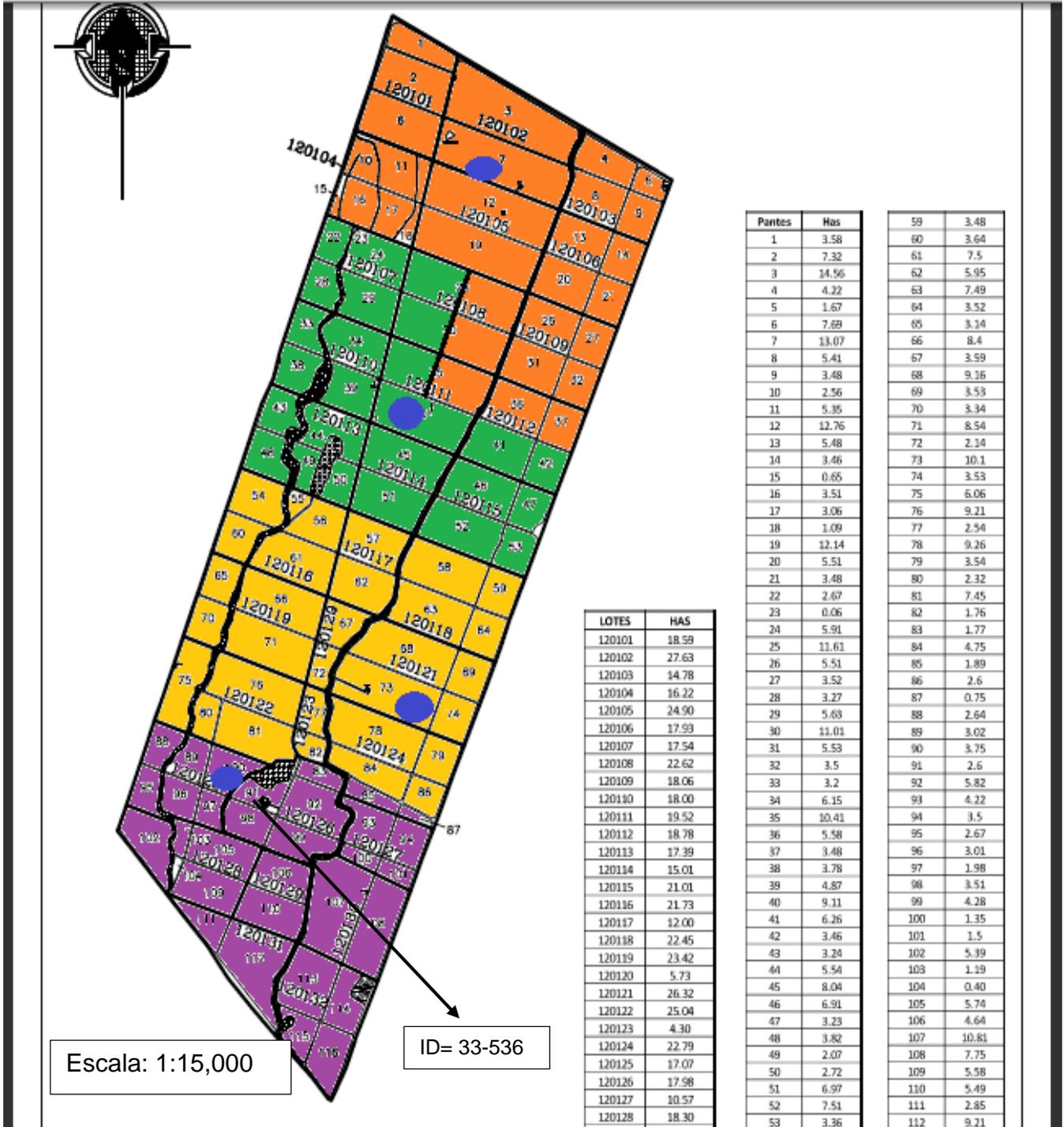


Figura 4. Ubicación de los pozos mecánicos.

1.5.2 Partes esenciales del sistema de los pozos mecánicos

El sistema de los pozos mecánicos consta de cinco partes esenciales: 1) bomba sumergible que proporción la fuerza de elevación para que el agua del pozo recorra el sistema, 2) filtro de grava el cual evita la entrada de partículas extraña al agua, garantizando que esté limpia y sin sólidos, 3) tanque de combustible que almacena el diesel para el funcionamiento del motor, 4) cabezal de accionamiento con engranajes cónicos para toma de fuerza horizontal encargado de obtener la potencia requerida por la bomba sin forzar el motor, 5) motor de combustión interna proporciona la energía para el movimiento de la transmisión que conecta con el cabezal de accionamiento con engranajes cónicos para toma de fuerza horizontal (figura 5).



Figura 5. Partes esenciales del sistema de los pozos mecánicos.

1.5.3 Capacidad de almacenamiento y consumo de combustible de los pozos

En cada pozo la capacidad de los tanques de combustible es diferente al igual que la cantidad de galones por hectárea que consume el motor en cada pozo (cuadro 2).

Cuadro 2. Capacidad de almacenamiento y consumo de combustible de los pozos.

	Pozo1 (modulo1)	Pozo2 (modulo2)	Pozo3 (modulo3)	Pozo4 (modulo4)
Capacidad del tanque(galones)	612.40	645	633.80	644.50
Consumo(gal/hora)	7.17	4.09	7.4	4.07

Cada tanque de almacenamiento posee un marchamo con un código asignado para obtener un control y evitar el robo de combustible, debido a que ese marchamo solo puede ser cortado por la unidad que suministra el combustible anotando el código de marchamo que fue removido y el código del que se está poniendo en remplazo del anterior.

1.5.4 Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo uno

En el cuadro 3 se detallan los parámetros de operación del pozo mecánico del módulo uno.

Cuadro 3. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño del año 2013 elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.

	Número de hectáreas que riega	Número de aspersores	Horas que opera al día	Caudal (gal/min)	Presión del último aspersor (PSI)	Lámina Diaria aplicada (mm)	Profundidad de los pozos (pies)	Porcentaje de disminución del caudal en base al de diseño
Diseño elaborado por el ingenio	213	430	24	1890	45	4.50	700	32 %
Datos obtenidos actualmente	163.72	270	16	1298.7	40	2.90	700	

Como se muestra en el cuadro 3 el caudal ha disminuido un 32 % en base al caudal propuesto en el diseño elaborado en 2,013 lo que ha provocado una disminución en el número de aspersores y por ende las hectáreas regadas. Debido a que no se le ha realizado una limpieza a final de temporada por lo que se observó arrojando arena. Actualmente se riegan 16 horas diarias realizando 2 turnos de 8 horas, no se realizan las 24 horas de riego establecidas debido a que cada cambio de turno tarda 2 horas en mover los implementos de lugar, dicho tiempo no se contempló en el diseño para el pozo. La lámina de riego ha disminuido debido a que al no utilizar todos los aspersores propuestos no se obtiene el caudal deseado, otro factor que también influyo en la disminución de la lámina es el número de horas que opera al día.

1.5.5 Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo dos

En el cuadro 4 se detallan los parámetros de operación del pozo mecánico del módulo dos.

Cuadro 4. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.

	Número de hectáreas que riega	Número de aspersores	Horas que opera al día	Caudal (gal/min)	Presión del último aspersor (PSI)	Lámina Diaria aplicada (mm)	Profundidad de los pozos (pies)	Porcentaje de disminución del caudal en base al de diseño
Diseño elaborado por el ingenio	99.4	200	24	890	45	4.50	240	38 %
Datos obtenidos actualmente	124.37	114	16	551.76	40	2.90	240	

Como se observa en el cuadro 4 el caudal ha disminuido un 38 % en base al caudal propuesto en el diseño. El número de hectáreas regadas aumentó comparándolas con el número de hectáreas a regar establecidas en el diseño debido a que se le asignaron hectáreas del módulo 1 sin embargo el caudal del pozo disminuyó debido a la falta de limpieza a final de cada temporada por lo que se encuentra arrojando arena disminuyendo así también el número de aspersores a utilizar.

Actualmente se riegan 16 horas diarias realizando 2 turnos de 8 horas, no se realizan las 24 horas de riego establecidas debido a que en cada cambio de turno se tarda 2 horas en mover los implementos de lugar, dicho tiempo no se contempló en el momento del diseño para el pozo. La lámina de riego ha disminuido debido al no utilizar todos los aspersores

propuestos no se obtiene el caudal deseado, otro factor que también influyó en la disminución de la lámina es el número de horas que opera al día

1.5.6 Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo tres

En el cuadro 5 se detallan los parámetros de operación del pozo mecánico del módulo tres.

Cuadro 5. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.

	Número de hectáreas que riega	Número de aspersores	Horas que opera al día	Caudal (gal/min)	Presión del último aspersor (PSI)	Lámina Diaria aplicada (mm)	Profundidad de los pozos (pies)	Porcentaje de disminución del caudal en base al de diseño
Diseño elaborado por el ingenio	223.60	450	24	1,990	45	4.50	700	
Datos obtenidos actualmente	173.55	280	16	1,358	40	1.60	700	31.76 %

Como se observa en el cuadro 5 el caudal ha disminuido un 31.76 % en base al caudal propuesto en el diseño elaborado en 2,013, lo que ha provocado una disminución en el número de aspersores y por ende las hectáreas a regar. Actualmente se riegan 16 horas diarias realizando 2 turnos de 8 horas, no se realizan las 24 horas de riego establecidas debido a que en cada cambio de turno se tardan 2 horas en mover los implementos de lugar, dicho tiempo no se contempló en el momento del diseño para el pozo. La lámina de riego ha disminuido debido al no utilizar todos los aspersores propuestos no se obtiene el caudal

deseado, otro factor que también influyó en la disminución de la lámina es el número de horas que opera al día.

1.5.7 Parámetro de operación del pozo mecánico del módulo cuatro

En el cuadro 6 se detallan los parámetros de operación del pozo mecánico del módulo cuatro.

Cuadro 6. Comparación de los parámetros establecidos por el diseño elaborado por el ingenio y los parámetros obtenidos en campo.

	Número de hectáreas que riega	Número de aspersores	Horas que opera al día	Caudal (gal/min)	Presión del último aspersor (PSI)	Lámina Diaria aplicada (mm)	Profundidad de los pozos (pies)	Porcentaje de disminución del caudal en base al de diseño
Diseño elaborado por el ingenio	89.40	180	24	810	45	4.50	240	1.36 %
Datos obtenidos actualmente	112.98	170	16	799	40	3	240	

Como se muestra en el cuadro 6 el caudal ha disminuido un 1.36 % en relación al caudal del diseño del 2,013, lo que provocó una disminución al número de aspersores a utilizar debido a que no se le ha realizado una limpieza a final de temporada por lo que se observó que está arrojando arena, se aumentó el número de hectáreas a regar debido a que se abarca hectáreas del módulo 3. Actualmente se riegan 16 horas diarias realizando 2 turnos de 8 horas, no se realizan las 24 horas de riego establecidas debido a que en cada cambio

de turno se tarda 2 horas en mover los implementos de lugar, dicho tiempo no se contempló en el momento del diseño de para el pozo.

1.5.8 Estado actual de los implementos de riego del sistema de mini aspersión de los pozos mecánicos

La mayoría de los implementos utilizados en el sistema de mini aspersión se encuentran en mal estado esto se debe a que el ingenio no cuenta con un programa de mantenimiento, las reparaciones son realizadas por los caporales en cuanto a la colocación de empaques a los hidrantes y reparación de fuga en los Manifold de PVC, los hidrantes se encuentran dañados debido a que anteriormente eran utilizados como un conducto para vinaza, sustancia muy corrosiva. Los ramales donde van colocados los aspersores poseen fugas debido a la falta de mantenimiento y por el tiempo de uso son dañados por la presión del agua ocasionando rupturas que originan fugas, para la reparación de este equipo se mandan a taller para que las fugas sean soldadas (figura 6, 7, 8 y 9).



Fuga en un
hidrante

Figura 6. Hidrantes.



Fuga en los ramales

Figura 7. Fuga del ramal.



Ruptura del equipo de riego

Figura 8. Ruptura del ramal.



Arena lanzada por el pozo al momento de aforar

Figura 9. Arena lanzada por los pozos al momento de aforar.

1.6 Identificaron y análisis del problema

1.6.1 Diagrama de Pareto

En el cuadro 7 se enlistaron los problemas observados en el sistema de riego de los pozos mecánicos, determinando su frecuencia, identificando como principales problemas: ramales con fuga, producción de arena, menor lámina de riego diaria aplicada, disminución de caudal, caudalímetros dañados, hidrantes dañados, presión en los últimos aspersores variables.

Cuadro 7. Frecuencia y porcentaje acumulado para la elaboración del diagrama de Pareto

Problemas	Frecuencia	Porcentaje acumulado
Ramales con fugas	4	21
Produce arena	4	42
Menor lámina de riego diaria aplicada	4	63
Disminución de caudal	4	84
Caudalímetro dañado	2	95
Hidrantes dañados	1	100
Presiones en últimos aspersores variables	0	100
Suma	19	

En la figura 10 se puede observar que existen cuatro problemas con mayor frecuencia que se presentan en el sistema de riego de los pozos mecánicos los cuales son: ramales con fugas, producen arena, menor lámina de riego aplicada y disminución de caudal. A continuación, se realizó el diagrama de Ishikawa para colocar las causas que ocasionan los problemas más frecuentes mencionados anteriormente en el diagrama de Pareto.

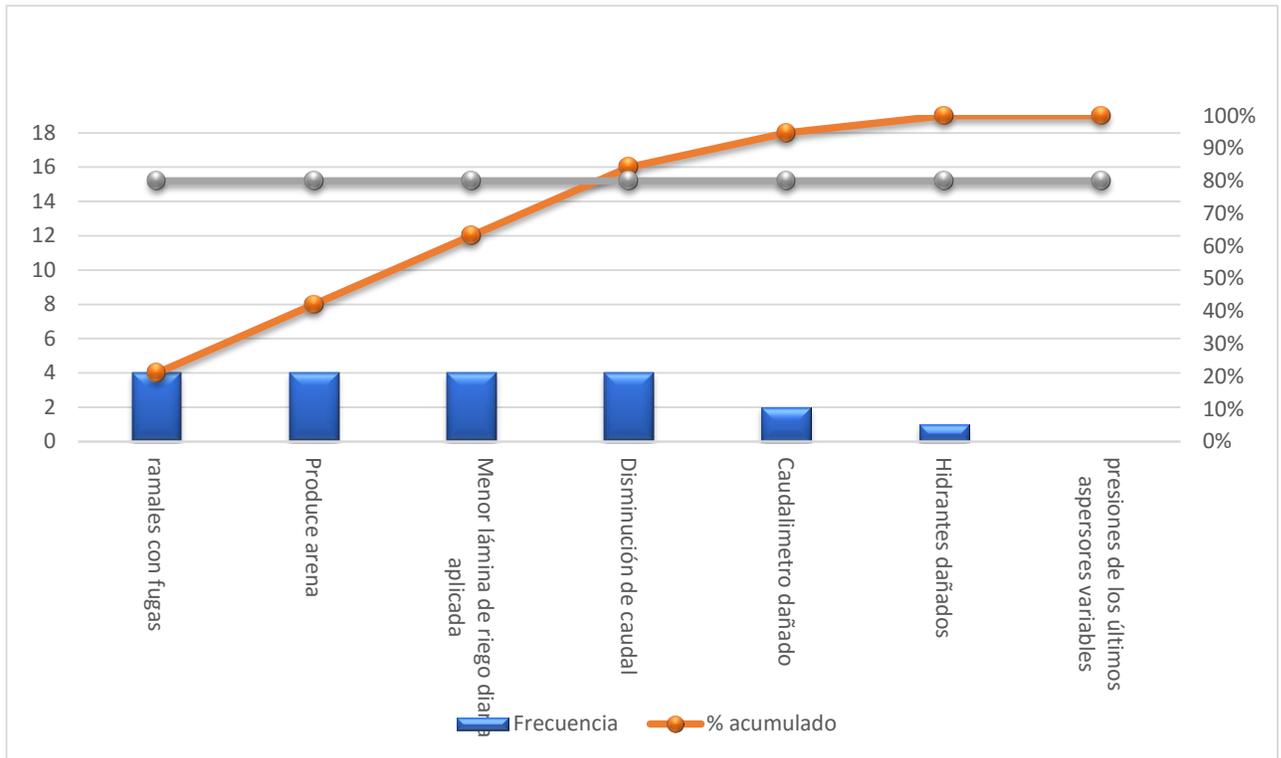
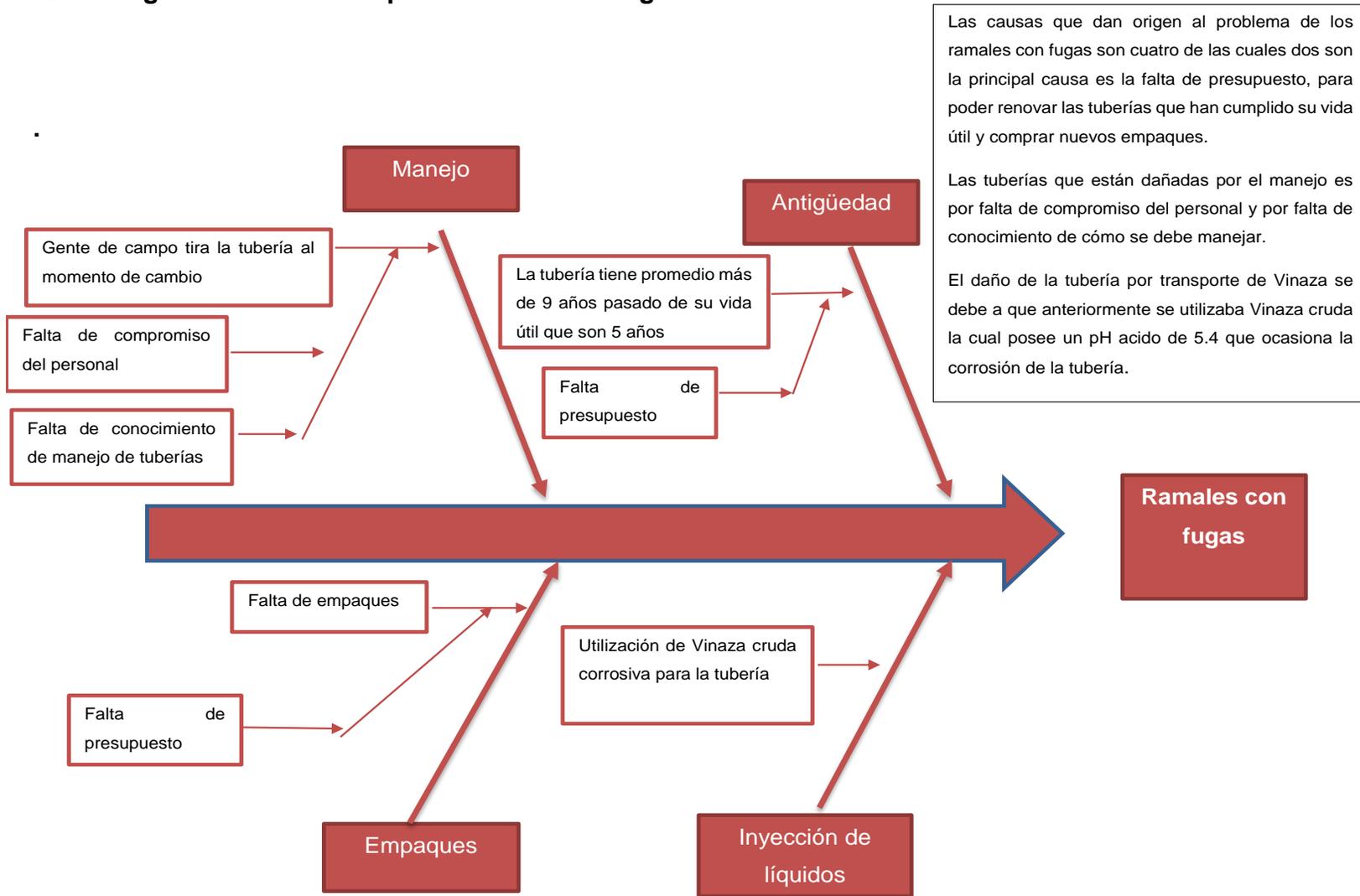


Figura 10. Curva de Pareto de la frecuencia acumulada de los problemas observados en los pozos mecánicos de la finca Santa Rita.

1.6.2 Diagrama de Ishikawa para ramales con fugas

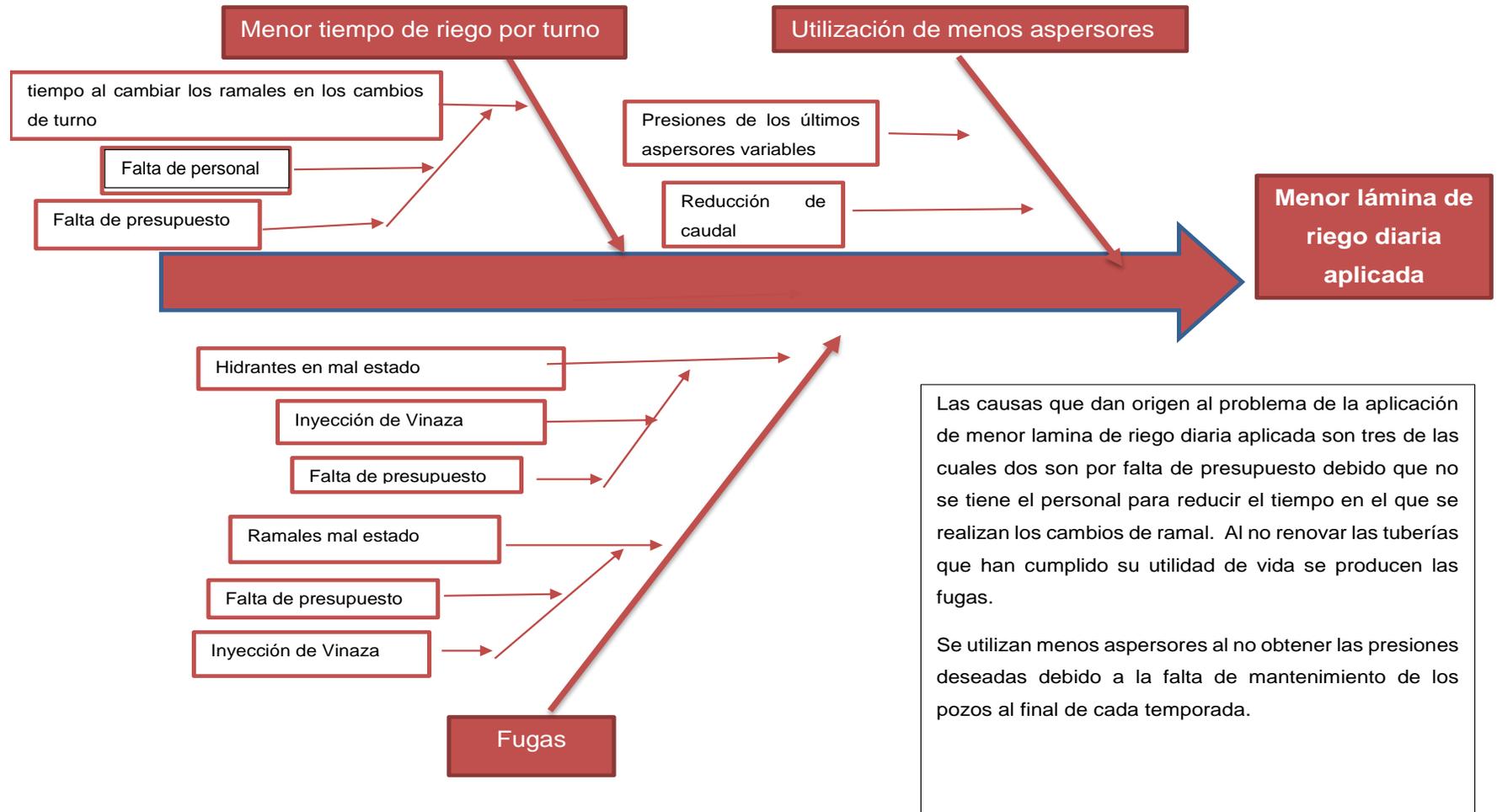


Las causas que dan origen al problema de los ramales con fugas son cuatro de las cuales dos son la principal causa es la falta de presupuesto, para poder renovar las tuberías que han cumplido su vida útil y comprar nuevos empaques.

Las tuberías que están dañadas por el manejo es por falta de compromiso del personal y por falta de conocimiento de cómo se debe manejar.

El daño de la tubería por transporte de Vinaza se debe a que anteriormente se utilizaba Vinaza cruda la cual posee un pH ácido de 5.4 que ocasiona la corrosión de la tubería.

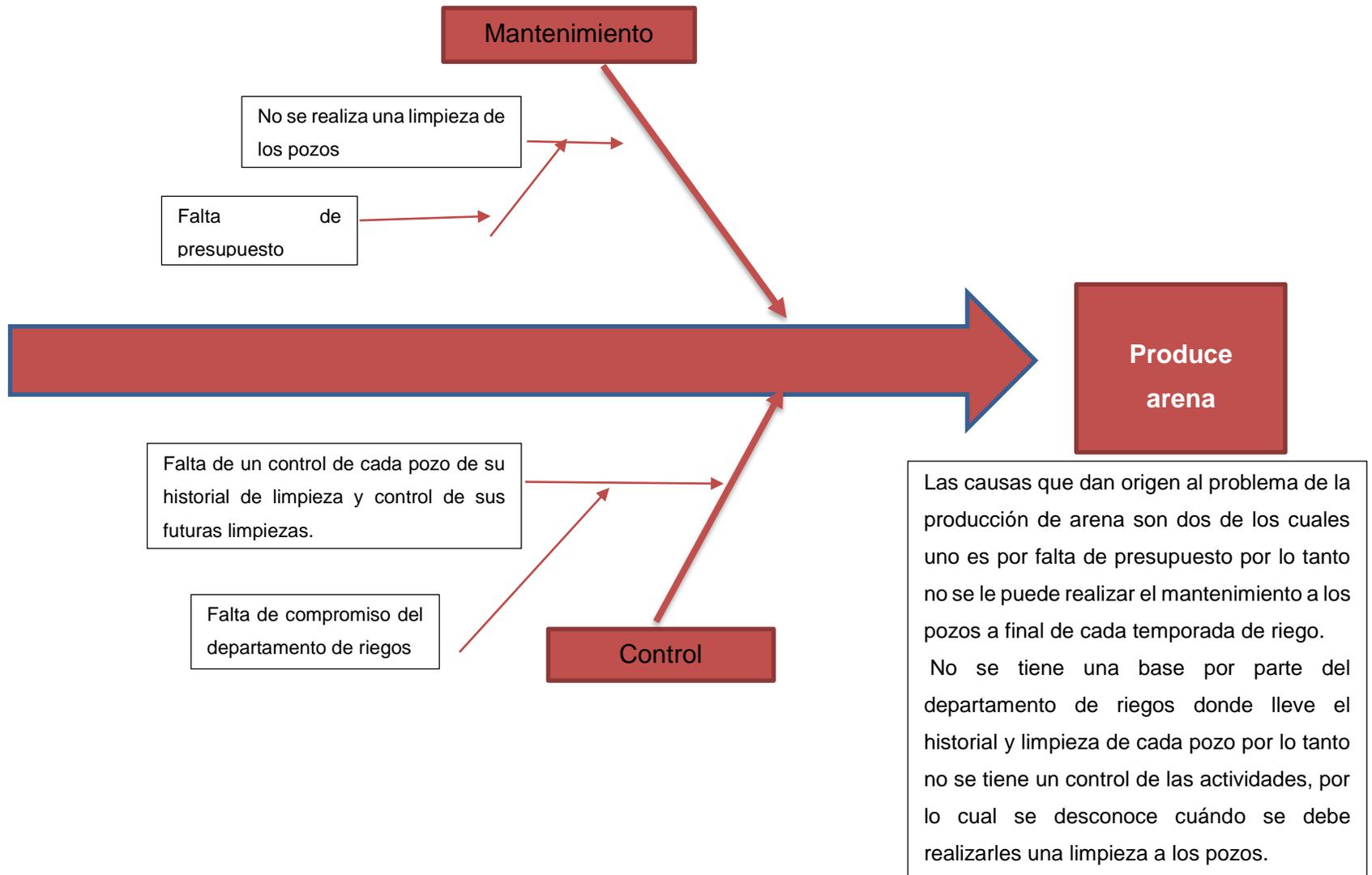
1.6.3 Diagrama de Ishikawa para menor lámina de riego diaria aplicada



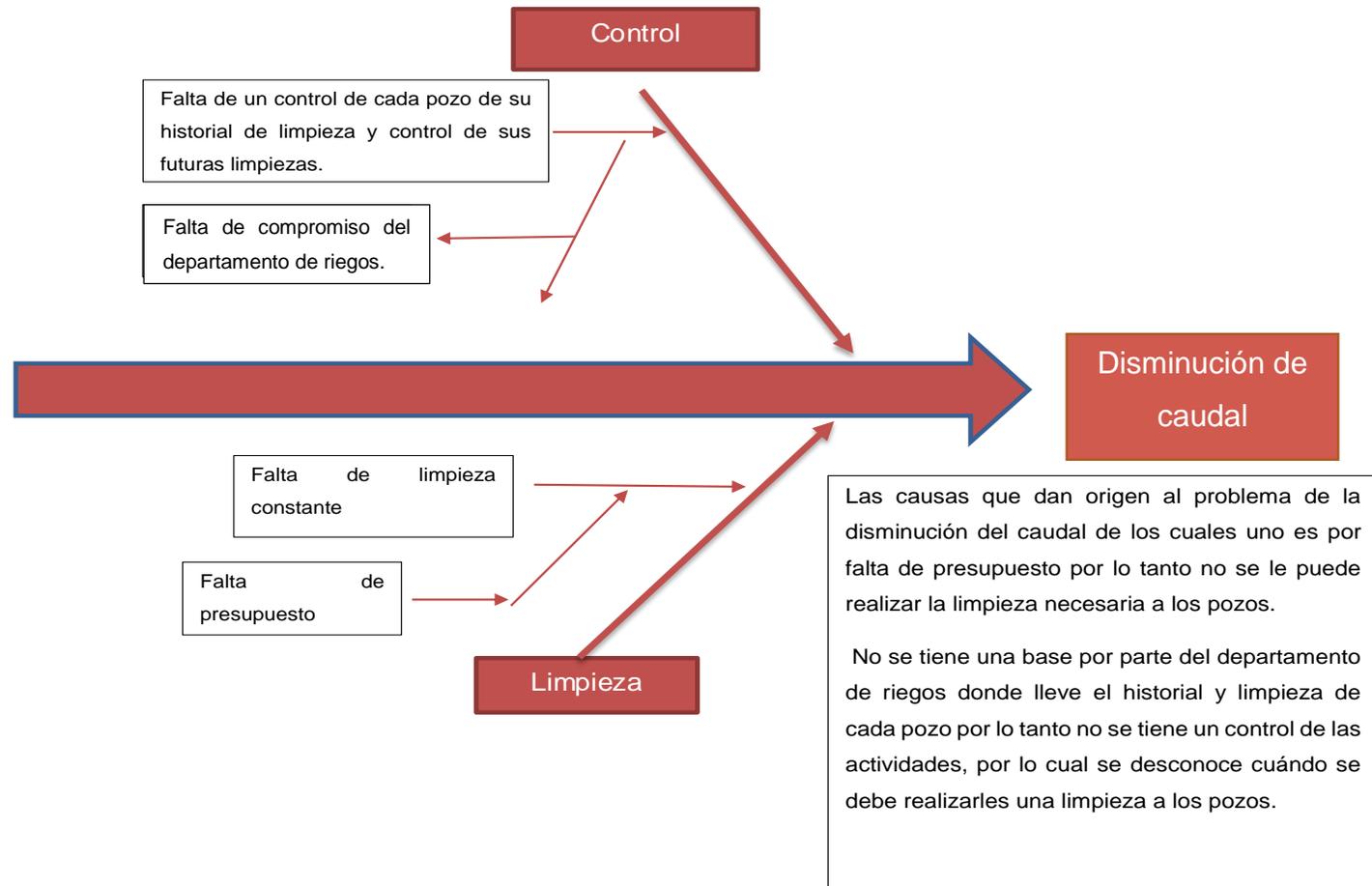
Las causas que dan origen al problema de la aplicación de menor lamina de riego diaria aplicada son tres de las cuales dos son por falta de presupuesto debido que no se tiene el personal para reducir el tiempo en el que se realizan los cambios de ramal. Al no renovar las tuberías que han cumplido su utilidad de vida se producen las fugas.

Se utilizan menos aspersores al no obtener las presiones deseadas debido a la falta de mantenimiento de los pozos al final de cada temporada.

1.6.4 Diagrama de Ishikawa de producción de arena



1.6.5 Diagrama de Ishikawa disminución de caudal



1.7 CONCLUSIONES

1. Los principales problemas que afectan el funcionamiento del sistema de mini aspersión de los pozos mecánicos son cuatro: 1) ramales con fugas, 2) producción de arena, 3) menor lámina de riego diaria aplicada y disminución de caudal.
2. Las causas que dan origen a los problemas que afectan el funcionamiento del sistema de mini aspersión de los pozos mecánicos son el mal manejo de los implementos de riego, la antigüedad de los implementos, la inyección de vinaza y el bajo presupuesto que afecta a todas las actividades que se realizan en cada pozo debido a que no se puede obtener nuevas tuberías de riego, empaques, personal para el cambio de turno y realizarles la limpieza a los pozos a final de cada temporada de riego para evitar la producción de arena y disminución de caudal.
3. El principal problema es la disminución del caudal debido a que no es posible la aplicación de la lámina diaria de riego requerida por el cultivo.

1.8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda establecer un sistema de monitoreo y mantenimiento para los componentes del sistema de mini aspersión para mantener en buen estado las tuberías, los hidrantes y los aspersores, revisando a final de la época de riego cada uno de estos componentes y realizar el mantenimiento respectivo, monitorear la antigüedad de cada componente tomando como parámetro un tiempo de 5 años para tomar la decisión de renovarlos, debido a que muchas tuberías utilizadas en la finca son muy antiguas ocasionado rupturas por la presión del caudal.

2. Realizar capacitaciones a los trabajadores sobre el riego de mini aspersión para que ellos realicen una correcta manipulación de cada uno de los componentes que conforma este tipo de sistema de riego.
3. Se recomienda la implementación de llaves sectorizadoras en cada hidrante para evitar parar el motor cuando ocurra una compostura en el hidrante para no disminuir el tiempo de riego en los demás sectores.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Bellido, A. 2004. Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales (en línea). Consultado 10 mar. 2018. Disponible en <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%203%20Bombeo/Manual%20de%20perforaci%C3%B3n%20manual%20de%20pozos%20con%20bombas%20manuales.pdf>
2. Oilproduction. 2005. Terminación y mantenimiento de pozos (en línea). Consultado 10 mar. 2018. Disponible en http://oilproduction.net/files/manual_terminacion_de_pozos.pdf
3. OPS. 2004. Limpieza y desinfección de pozos mecánicos (en línea). USA, OPS, Notas Técnicas sobre Agua, Saneamiento e Higiene en Emergencias no. 2. Consultado 10 mar. 2018. Disponible en http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=technical-notes-on-disasters&alias=2017-2-limpieza-y-desinfeccion-de-pozos-perforados&Itemid=1179&lang=en
4. Orozco, H; Soto, G; Pérez, O; Ventura, R; Recinos, M. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Guatemala, CENGICANA. 33 p.

1.10 ANEXOS

Cuadro 8A. Preguntas realizadas al personal de riego.

¿Cuántas hectáreas posee la finca Santa Rita?
¿Cuántos pozos mecánicos posee la finca Santa Rita?
¿Cómo se encuentra dividida la finca para el riego con los pozos?
¿Cuántas horas operan los pozos?
¿Cuántas hectáreas riegan los pozos?
¿Cuántos aspersores poseen cada pozo?
¿En qué estado se encuentran los componentes del sistema de riego?

The seal of the Academia Coahuilense de Letras y Ciencias is a circular emblem. It features a central shield with a landscape scene: a figure on a horse in the foreground, a volcano in the background, and a sun. Above the shield are various heraldic symbols, including a golden crown, a lion, and a castle. The shield is flanked by two golden columns. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the Latin text "ACADEMIA COAHUILIENSIS INTER CAETERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA" at the top and "ACADEMIA COAHUILIENSIS INTER CAETERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA" at the bottom.

CAPÍTULO II

RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país donde la agroindustria azucarera se ha desarrollado y crecido exponencialmente durante los últimos años convirtiéndose en el quinto mayor exportador de azúcar y el undécimo mayor productor del mundo (Pérez 2005). La industria azucarera se ubica en la planicie costera del Océano Pacífico del país abarcando grandes extensiones (283,898.85 ha) con el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), tal es el caso del Ingenio Magdalena siendo este el más grande de Guatemala (Pérez 2005: 7).

Magdalena se dedica a cultivar, comprar, cosechar y moler caña para su utilización como materia prima en la fabricación de azúcar y alcohol hidratado, realizando este proceso a través de tres tandems de molinos (maquinaria para la molienda de caña y extracción de sacarosa) y dos destilerías las cuales se encuentran ubicadas en el departamento de Escuintla. El 67 % de la producción total se exporta al mercado internacional y sólo el 23 % se vende en el mercado local. Actualmente, posee una capacidad instalada de molienda de 38,500 Tm/día y ha logrado siete millones de Tm/cosecha.

El ingenio tiene 53,000 ha cultivables, las cuales están divididas por regiones de acuerdo a su administración y cada una de estas posee una gran variedad de suelos con distintas características físicas y químicas esta gama de suelos hace que no respondan al mismo manejo, por lo cual, es de suma importancia ir evaluando tecnologías.

Una de las tecnologías que depende del tipo de suelo y de la variedad que se pretende explotar es la fertilización debido a que no todas las variedades poseen una misma respuesta a determinado nivel de nutrición y no todos los suelos tienen la misma fertilidad química, eso hace que su manejo sea diferente y es de suma importancia determinar las cantidades de nutrientes a aplicar para evitar desórdenes a nivel de planta y a nivel de suelo.

Los nutrientes son de suma importancia para el crecimiento y desarrollo del cultivo, sin embargo, el K y el N son requeridos en mayores cantidades por la caña de azúcar (Pérez

2005: 10) debido a que el K interviene como un catalizador dentro del metabolismo y se encuentra donde existen transferencias de energía participando en la formación y neutralización de ácidos orgánicos, participa en el balance entre la formación, acumulación y consumo de azúcares (Lazcano I 2005: 20).

Por otro lado, el N forma parte de los aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos aumentando el número de tallos (macollaje), el follaje, altura y peso por tallo ocasionando un mayor rendimiento en caña y azúcar por hectárea (Romero; Alonzo; Casen 2004: 79).

La variedad ideal de caña de azúcar es la que responde de manera favorable a las condiciones ambientales y a las necesidades del productor, además las variedades deben de cumplir una serie de expectativas como la reducción de costos de producción y adaptabilidad a los suelos, disminuyendo el uso de preparación y fertilización del terreno. Por lo tanto, es de suma importancia la selección del tipo de variedad para los distintos suelos que existen en la zona cañera de Guatemala.

Una adecuada selección de variedad y fertilización de N y K permite obtener una alta posibilidad de respuesta en el rendimiento expresado en toneladas de caña y azúcar por hectárea, y concentración de sacarosa. Por lo mencionado anteriormente, la presente investigación tuvo como objetivo la evaluación de diferentes niveles de N y K en cinco variedades de caña (CP 72-2086, CP 02-1564, SP83-2847, RB84-5210 Y CG02-163) en etapa de plantía y cultivadas en un suelo franco arenoso ubicado en el norte del Pacífico de Guatemala establecida el 17 de mayo del 2018.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Importancia del potasio en la planta

El K es un elemento que se considera como macronutriente para las plantas porque es absorbido por grandes cantidades (Sanzano 2004: 1) y es el macronutriente que presenta menores problemas de disponibilidad debido a que en general la provisión de este macronutriente en los suelos es aceptable. En su totalidad este elemento se encuentra de manera iónica y móvil dentro de la planta, este elemento participa en casi la totalidad de procesos como: respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila etc. Sin embargo, este elemento no posee una función en específico dentro de la planta.

El K actúa como un activador de una gran variedad de enzimas que tienen la función de síntesis proteica y del metabolismo de carbohidratos, y está involucrado directamente en el transporte de azúcares por vía floema (Sanzano 2004: 2).

A. Formas de potasio en el suelo

El K se encuentra en cuatro formas distintas en el suelo:

a. Estructural

Está principalmente contenido en los minerales primarios y secundarios presentes en el suelo, los cuales son: silicatos, feldespatos (ortoclasa y plagicolasa) y micas (biotita, muscovita, illita, etc.), en esta forma el K hace que su liberación y su disponibilidad para las plantas sea de manera lenta y muy baja dependiendo básicamente del grado de meteorización que exista (Bertsch Hernández 1995: 100).

b. No intercambiable

Se encuentra retenido entre las capas de tetraedros de las arcillas expandibles las cuales son la illita y montmorillonita, haciendo que su liberación sea de manera muy lenta por lo tanto es poco asimilable para las plantas no satisfaciendo las necesidades nutricionales inmediatas (Sanzano 2004: 1).

Estas arcillas donde se encuentra retenido el K se pueden expandir o encoger con los suelos húmedos y secos dependiendo el caso, ocasionando que los iones (K^+) queden atrapados entre estas capas haciendo su disponibilidad lenta o que no sea disponible (Sanzano 2004: 1).

c. Intercambiable

Se encuentra adsorbido por las cargas negativas que poseen las arcillas, la materia orgánica e hidróxidos; es gradualmente liberado al medio para ser absorbido por la raíz de las plantas generalmente en esta forma constituye una reserva que evita la pérdida de este elemento en el suelo, el K intercambiable es relacionado con el rendimiento y cantidad absorbida por los cultivos (Bertsch Hernandez 1995: 115).

B. En la solución del suelo

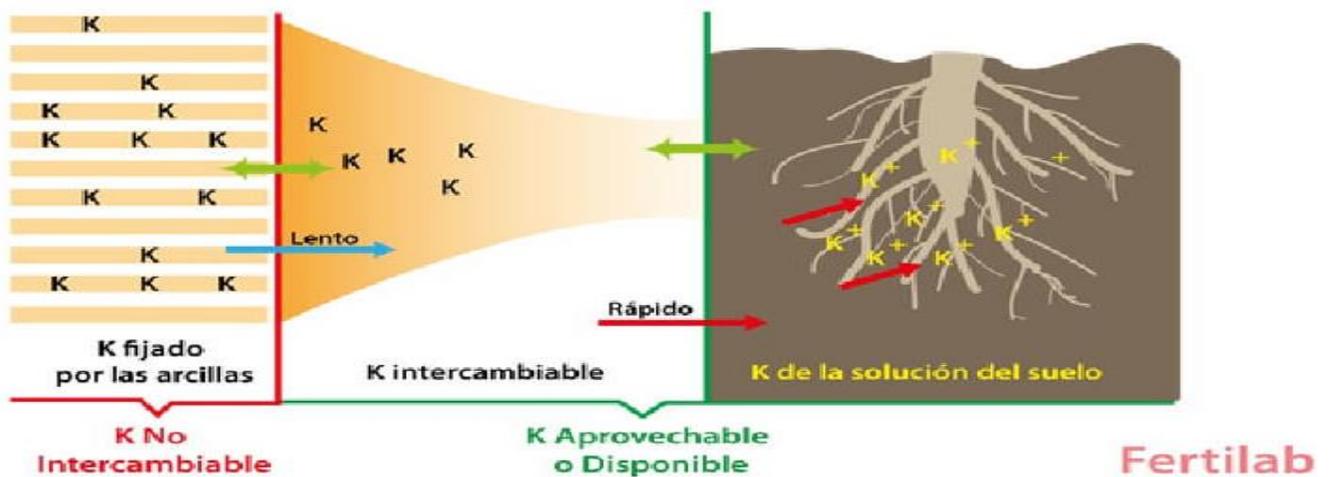
Se encuentra de manera inmediata y disponible para ser absorbida por las plantas y en comparación con las demás formas en las que se encuentra el K es una de las que presenta menor cantidad de K entre 0.10 mg/kg a 1,000 mg/kg (Sanzano 2004: 2).

Cuando es extraído de la solución del suelo la concentración en esta fase se va renovando y restituida inmediatamente por las formas menos accesibles que están ubicadas en las

zonas de adsorción de los coloides minerales y orgánicos del suelo (Chaves Solera 1999: 109).

C. Dinámica del potasio en el suelo

Es poco móvil en el suelo debido a que permanece en el mismo sitio donde se depositó la fuente de fertilizante (figura 11) y su forma de movilización es por difusión de manera lenta y en cortas distancias en las películas de agua que rodean a las partículas de suelo (Chaves Solera 1999: 10).



Fuente: Fertilab, 2004.

Figura 11. Dinámica del potasio en el suelo.

D. Pérdidas de potasio en el suelo

La pérdida del K es por procesos mecánicos los cuales son:

a. Lixiviación

Las pérdidas por lixiviación son altas en los suelos que contienen un pH menor a 4.50 debido a que son ácidos ocasionando que la mayor parte de los sitios de intercambio estén ocupados por Al^{3+} que desplazan al K^+ a la solución del suelo y es allí donde se pierde por lixiviación (Chaves Solera 1999: 11).

b. Fijación

La pérdida por fijación se da cuando la parte intercambiable y soluble del K pasan a formas no intercambiables, este proceso se manifiesta por la migración de los iones hacia el retículo cristalino de las arcillas tipo 2:1 en donde se aglomeran en espacios vacíos interlaminares con una energía semejante a la que tendrían en el material original (Chaves Solera 1999: 12), la capacidad de fijación del K depende de:

- Naturaleza de las arcillas.
- La densidad de carga en el espacio interlaminar.
- El Ph.
- La cantidad de K aplicado como fertilizante.

La fijación del K se da mayormente en las ilitas que en vermiculitas y este proceso es casi nulo en caolinita, cloritas y materia orgánica. En los tipos de suelo donde es más frecuente la fijación del K es en Vertisoles.

c. Erosión

Esta pérdida es principalmente por la lluvia, que aumenta cuando la precipitación es mayor y la pendiente lo permite, la escorrentía superficial y la erosión de la capa arable. El K en

conjunto con otros nutrientes es arrastrado a zonas por lo general topográficamente más bajas. En condiciones limitantes este tipo de pérdida puede alcanzar niveles significativos (Chaves Solera 1999: 12).

E. El potasio en el crecimiento de la caña de azúcar

Cuando la producción de hojas se da por finalizado la cantidad de K se mantiene constante hasta que el número de hojas activas disminuye durante el proceso de maduración (Lazcano-Ferrat 2006: 2).

El K funciona como un catalizador dentro del metabolismo de la caña de azúcar y se encuentra donde existen transferencias de energía, participa en la formación y neutralización de ácidos orgánicos. Contribuye en el balance entre la formación, acumulación y consumo de azúcares por la caña durante su desarrollo vegetativo (Lazcano-Ferrat 2006: 2).

F. Potasio en la translocación de azúcares

La ausencia de K limita la translocación de azúcares desde las hojas que es donde se fabrica a los lugares de almacenamiento, este movimiento de azúcares recién formados en las hojas se realiza a una velocidad aproximada de 2.50 cm/min en una caña de azúcar con excelentes condiciones de fertilización (Lazcano-Ferrat 2006: 3).

El K causa un efecto significativo en la velocidad de translocación de azúcares. Sin una cantidad adecuada de este elemento una buena parte del azúcar puede terminar en las hojas en lugar de cosechado en el tallo (Lazcano-Ferrat 2006: 4), la deficiencia de N da como resultado un efecto intermedio en la translocación de azúcares mientras que el P no ha mostrado tener un efecto significativo.

G. Deficiencia del potasio en caña de azúcar

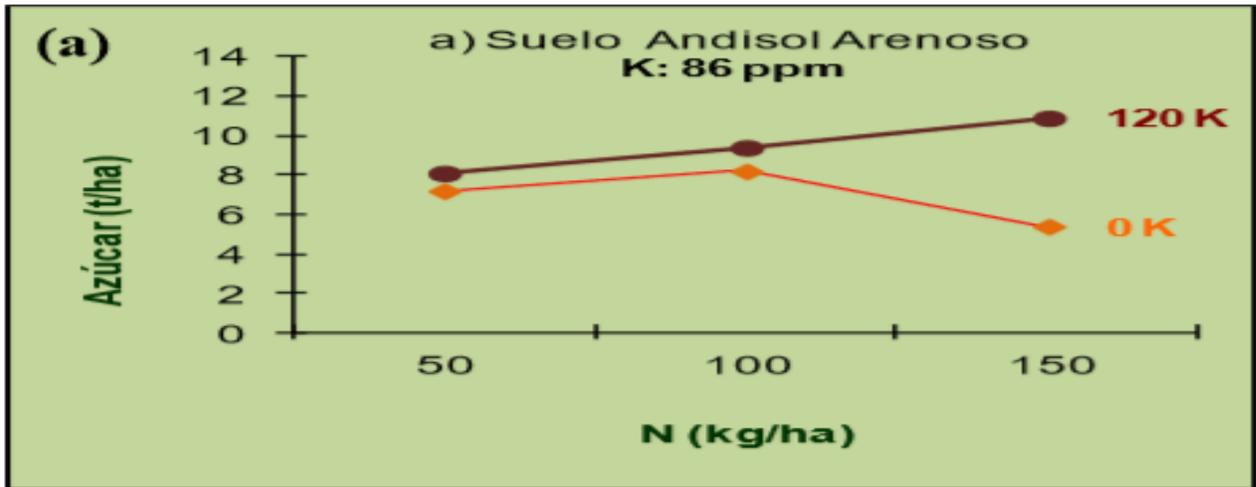
Cuando este elemento se encuentra deficiente se presenta una disminución en su actividad fotosintética haciéndolas más vulnerables a enfermedades y a estrés por sequía (Quintero Duran 1995: 161). En la caña de azúcar la deficiencia se muestra como un marcado de color amarillento en el ápice de las hojas y los márgenes terminando en una necrosis en las áreas afectadas (Quintero Duran 1995: 161), en las hojas de mayor edad se muestran puntos cloróticos de color carmelita con el centro necrótico que pueden cubrir toda el área foliar. Las manchas de color rojizo que se hacen presentes en las células epidérmicas de la nervadura central cuando se presenta falta de K por el enrojecimiento de la sacaritina que es un constituyente de la lignina (Quintero Duran 1995: 161).

H. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de potasio

En investigaciones se ha obtenido incrementos significativos en cuanto al rendimiento de caña y concentración de azúcar con aplicaciones de K en suelos Andisoles que poseen contenidos menores a 100 mg/kg, en suelos de textura arenosa y franco arenoso con contenidos de K mayores a 200 mg/kg no se ha demostrado respuesta a las aplicaciones de K (Pérez 2005: 16).

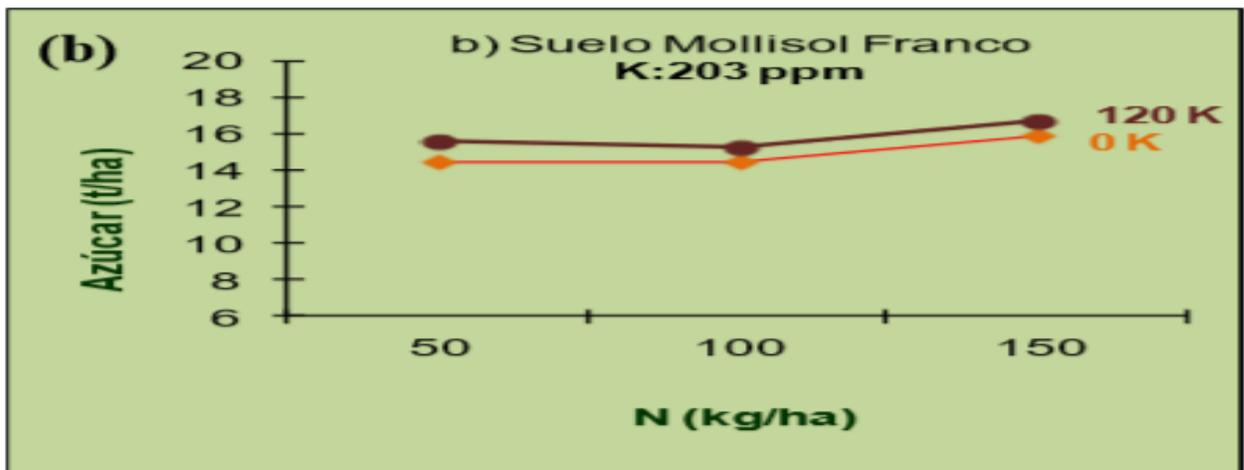
Se ha observado una estrecha relación positiva entre el K y N debido a que en suelos donde el K es deficiente (86 mg/kg) y no se corrige, el efecto del N es nulo, sin embargo, cuando el K es aplicado en una dosis de 120 kg/ha corrigiéndolo en el suelo se ha obtenido un efecto lineal positivo del N (Pérez y Melgar 2000: 16) (figura 12).

Cuando el K es alto en el suelo (203 mg/kg) la respuesta al N es similar con o sin K (figura 13) lo que indica que en estos casos el K no es limitante en la producción (Pérez y Melgar 2000: 18).



Fuente: Pérez, 2005.

Figura 12. Efecto de la aplicación de 120 kg de K_2O/ha en la respuesta a N en el rendimiento de azúcar (T/ha) con un suelo que posee 86 mg/kg.



Fuente: Pérez, 2005.

Figura 13. Efecto de la aplicación de 120 kg de K_2O/ha en la respuesta a N en el rendimiento de azúcar (T/ha) con un suelo que posee 203 mg/kg.

También la aplicación de K en suelos deficientes de dicho elemento aumenta la pureza del jugo (Pérez y Melgar 2000: 17) (cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto del potasio en el porcentaje de la pureza del jugo en dos suelos Andisoles de Guatemala.

kg de K/ha	Porcentaje de pureza del jugo	
	Suelo con 102 mg/kg de K	Suelo con 86 mg/kg de K
0	84.30	87.00
40	88.90	89.20
80	90.20	90.90
120	88.50	91.40
160	89.20	90.50
200	90.40	89.50
240	89.40	90.80

Fuente: Pérez, 2005.

Contenidos excesivos de K en el suelo o aplicaciones excesivas no necesarias al suelo produce una reacción negativa en la producción de azúcar recuperable debido a que dificulta el proceso de cristalización de la sacarosa reduciendo las TAH (Romero y Casen 2009: 84).

I. Recomendaciones de dosis de potasio

Se deben realizar aplicaciones de 60 kg/ha cuando los niveles de K intercambiable del suelo son menores a 100 mg/kg y una aplicación de 80 kg/ha cuando el contenido de arcilla del suelo es mayor de 35 %.

No se recomienda aplicaciones de K en los suelos que poseen un contenido de K mayor a 150 mg/kg en el caso de suelos con menos de 35 % de arcilla y en suelos que poseen arriba de 300 mg/kg en el caso de suelos con arcilla mayor del 35 % (cuadro 10).

Cuadro 10. Recomendaciones de dosis de potasio en la zona cañera de Guatemala.

Suelos con arcilla = <35 %		Suelos con arcillas >35 %	
K del suelo (mg/kg)	Dosis de K (kg/ha)	K del suelo	Dosis de K (kg/ha)
<100	60	<100	80
100 a 150	40	100 a 300	40
>150	0	>300	0

Fuente: Pérez, 2005.

2.2.2 Importancia del nitrógeno en la planta

Forma parte importante de las células vivas y se encuentra en las partes jóvenes de las plantas en estado de crecimiento, la forma en que las plantas lo absorben por medio de las raíces o por la hojas es en forma de NO_3^- y NH_4^+ estando dentro de la planta este elemento se reduce y se transforma en carbohidratos y proteínas, forma parte esencial de la molécula de la clorofila por lo que influye en la coloración del follaje y en el tamaño de las cepas de la caña de azúcar (Quintero Duran 1995: 155).

A. El nitrógeno en el suelo

Se encuentra en el suelo principalmente como N orgánico en un 98 % y un 2 % como N inorgánico como iones amonio NH_4^+ , amoníaco NH_3 , nitrato NO_3^- , óxido nitroso N_2O , dióxido de N NO_2 , óxido nítrico NO y nitrito NO_2^- (Chaves Solera 1999: 102).

a. Nitrógeno orgánico

Constituyente de los restos vegetales y animales susceptibles de descomponerse, el N integrado a la fracción del humus, N acompañado en compuestos organominerales y el N inmovilizado por los microorganismos (Bertsch Hernandez 1995: 103). El N orgánico se abastece a través de los restos provenientes de las plantas incluyendo las que fijan el N simbióticamente, de otros microorganismos fijadores de N atmosférico en forma simbiótica y la inmovilización de la fracción soluble que realizan los microorganismos (Bertsch Hernandez 1995: 103).

b. Nitrógeno inorgánico

Se presenta como óxido nitroso, óxido nítrico, dióxido de N, amoníaco en pequeñas cantidades. Dentro del N inorgánico existe una fracción soluble donde están presentes los iones NO_3^- y NH_4^+ en la solución del suelo provenientes de la mineralización del N orgánico en un porcentaje que no supera el 2 %, una fracción intercambiable formada principalmente por NH_4^+ que tampoco supera el dos por ciento y otra fracción de NH_4^+ nativa fijada entre las láminas de las arcillas (Bertsch Hernandez 1995: 104).

Entre estas fracciones sucede las interacciones esperables: intercambio iónico, fijación, solubilización y entre la forma nítrica y amoniacal en la solución del suelo ocurre la nitrificación (Bertsch Hernandez 1995: 104).

B. Procesos internos

a. Mineralización

Proceso a través de los cuales los componentes orgánicos ya sea el humus o los residuos vegetales o animales incorporadas al suelo se transforman a formas nitrogenadas

inorgánicas como NO_3^- y NH_4^+ el cual para formarse pasan por una serie de etapas las cuales son: aminización que es la transformación de proteínas a aminas, amonificación que es el paso de aminas a amonio y por último la nitrificación que es el paso de amonio en nitrato a través de una etapa corta intermedia de formación de nitrito (Bertsch Hernandez 1995: 106).

Dicho proceso es afectado por varias características presentes en el suelo las cuales son pH, temperatura, aireación, humedad, adición de materiales orgánicos, relación C/presencia de taninos y mineralogía de arcillas.

C. Pérdidas de nitrógeno en el suelo

a. Lixiviación

Esta pérdida se da cuando el nitrato móvil que es procedente del N mineral del sustrato del suelo es lavado por las fuertes lluvias, la lixiviación es más propensa a ocurrir en suelos arenosos que en suelos arcillosos pesados, el nitrato se desnitrifica antes de que se pueda ser lixiviado (Costa Martin 2009: 9) algunos factores que afectan que determinan la magnitud de lixiviación son la textura, tipo de sistema coloidal, la CICE, la pluviosidad y las características de la aplicación. De los fertilizantes nitrogenados.

b. Desnitrificación

Proceso biológico con el fin de la reducción de nitratos que ocurre a partir de N inorgánico que se ha acumulado en el suelo por mineralización o por solubilización de fertilizantes aplicados (Bertsch Hernandez 1995: 108).

Microbiológicamente constituye el proceso de respiración de algunos microorganismos anaeróbicos facultativos es decir que estos microorganismos utilizan el oxígeno como receptor del hidrógeno, pero cuando no está presente estos utilizan los nitratos y nitritos,

existen tipos de bacterias denitrificantes las cuales son heterótrofas (*Pseudomonas denitrificans*) o autótrofas como (*Thiobacillus denitrificans*) (Bertsch Hernandez 1995: 108).

c. Volatilización

Es la pérdida de amonio en formas de gas hacia la atmósfera por medios estrictamente químicos, en los suelos con un pH mayor a 7 los iones NH_4^+ pueden convertirse en NH_3 y perderse en la atmósfera si el suelo está seco.

El proceso de volatilización se aumenta por factores como el pH y con las temperaturas elevadas debido a que incrementa la tasa de hidrólisis de los fertilizantes nitrogenados como la urea que es el fertilizante que posee mayor porcentaje de N, incrementado la relación $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ al decrecer la solubilidad del NH_3 en agua e incrementan las tasas de difusión de gases (Bertsch Hernandez 1995: 109).

d. Inmovilización

Es un proceso inverso a la mineralización por medio del cual los microorganismos del suelo absorben el N inorgánico por medio de la incorporación en su estructura vital volviéndolo no disponible temporalmente para las plantas, estos microorganismos inmovilizan las formas amoniacales tanto como las nítricas (Bertsch Hernandez 1995: 110).

Las relaciones C/N mayores de 30:1 en los residuos orgánicos aplicados al suelo inducen inmovilización del N a razón por la cual se recomiendan las adiciones de fuentes amoniacales en el caso de residuos desbalanceados a efecto de reducir la inmovilización y promover la mineralización.

D. El nitrógeno en la caña de azúcar

El N es uno de los nutrientes de suma importancia para la caña de azúcar debido a que forma parte de los aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos ocasionando efectos en un mayor y más rápido macollaje (mayor población de tallos) como también un mayor crecimiento de follaje, mayor altura y peso por tallo ocasionando un mayor rendimiento en caña y azúcar por hectárea (Romero; Alonzo; Casen 2004: 79). Los requerimientos y el aporte de N al cañaveral dependen de varios factores como la edad, tipo de suelo, clima y de la presencia de limitaciones como mal drenaje, compactación y salinidad (Bertsch Hernandez 1995: 112).

Más del 50 % del N total utilizado por la caña de azúcar es aportado por el proceso de mineralización de la materia orgánica y el resto es aportado por la aplicación de los fertilizantes sin embargo solo un porcentaje (20 % a 50 %) es aprovechado. La eficiencia de recuperación del N está estrechamente relacionada con los tonelajes de caña obtenidos por (Romero; Alonzo; Casen 2004: 75)

El N aplicado en forma de fertilizante en condiciones hídricas adecuadas estará disponible a partir de los cinco a siete días después de la aplicación alcanzando su máxima disponibilidad a los quince días, el N procedente de la materia orgánica comienza a ponerse a disposición de la planta de manera lenta y progresiva (Romero; Alonzo; Casen 2004: 82).

E. Deficiencia del nitrógeno en la caña de azúcar

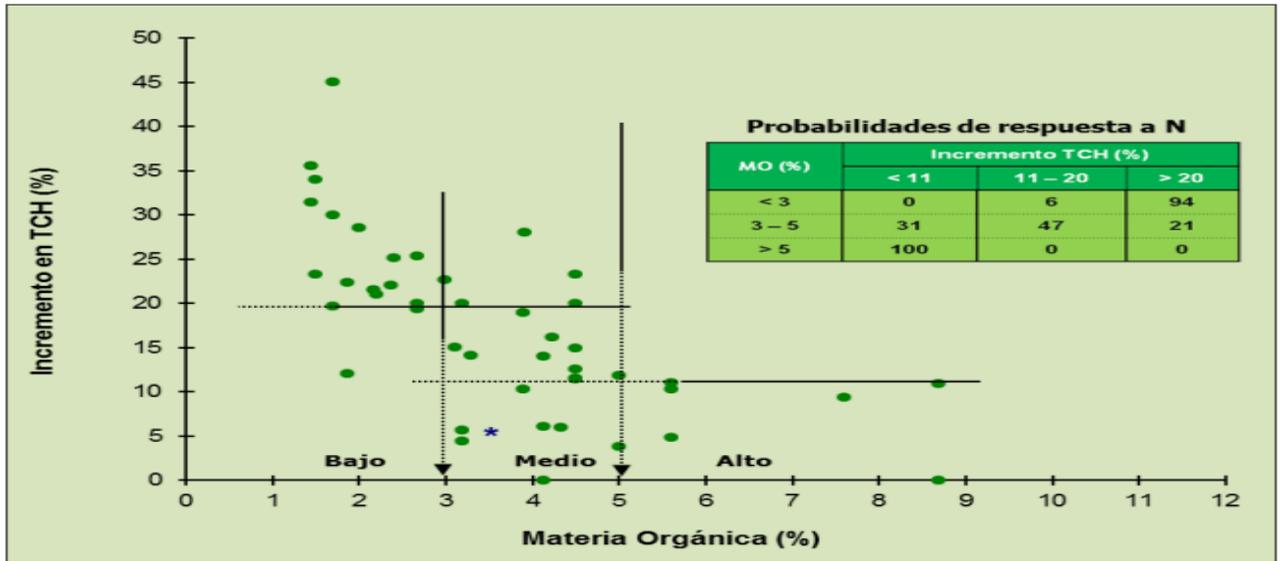
Se muestra a través de síntomas visuales muy característicos debido a que es un elemento que posee una gran movilidad. Los síntomas se presentan en las hojas más viejas y luego en la más jóvenes debido a que la planta traslada el nutrimento a las secciones que por lo general poseen concentraciones de N muy superiores en comparación a otras secciones de la planta (Chaves Solares 1999: 20).

La falta de N es muy severa debido a que las hojas más viejas mueren debido al incremento del ácido abscísico que ocasiona afección a las vainas foliares, las puntas y márgenes de las hojas se secan en forma prematura, también el crecimiento vegetativo se retrasa sustancialmente volviendo los tallos cortos y delgados (Chaves Solares 1999: 20).

F. Respuesta del cultivo a las aplicaciones de nitrógeno

La respuesta del cultivo de la caña de azúcar ante las aplicaciones de N en la zona cañera de Guatemala ha mostrado una alta correlación con los contenidos de Materia Orgánica (MO) del suelo (Pérez 2005: 5).

En el 94 % de los casos se han obtenido un incremento de TCH superiores al 20 % cuando los contenidos de materia orgánica presentes en el suelo eran bajos (materia orgánica < 2.0 %), en cambio cuando los contenidos materia orgánica son altos (materia orgánica > 5.0 %) en la mayoría de los casos se observaron incrementos menores al 11 %, en suelos que poseen contenidos medios de materia orgánica (2.0 % a 5.0 %) las respuestas son variables, dando resultados positivos y en algunos casos no se encontró respuesta, pero en la mayoría son inferiores al 20 % (Pérez 2005: 5) (figura 14).



Fuente: Pérez, 2005.

Figura 14. Relación entre la Materia Orgánica del suelo y porcentaje de incremento del tonelaje a las aplicaciones de nitrógeno.

G. Recomendaciones de dosis de nitrógeno

Para caña plantía los niveles de N varían de 60 kg/ha a 80 kg /ha, de acuerdo con el nivel de materia orgánica del suelo, sin embargo, las dosis mínimas de N recomendadas no deben ser menores a 100 kg, 90 kg y 80 kg de N/ha para suelos con contenido altos, medios y bajos de materia orgánica, esto se debe a que rendimientos de caña muy bajos estén estrechamente relacionados con áreas marginales con otros factores limitantes diferentes a N que han hecho que la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados sea baja (Pérez 2005: 7).

Las dosis máximas de N no deben ser mayores a 150 kg/ha, 130 kg/ha y 120 kg/ha para niveles bajos, medios y altos de materia orgánica del suelo porque rendimientos altos de

caña esperados generalmente están asociados a condiciones favorables que permiten una mayor eficiencia de uso del N por el cultivo.

En la agroindustria cañera para determinar el nivel de N en cañales con más de un corte para uso comercial se multiplica las toneladas métricas de caña esperadas por un factor, dependiendo de la cantidad de materia orgánica: contenidos bajos (< 2.0 % de materia orgánica) por el factor 1.14, con contenidos medios (2.0 % a 5.0 % de materia orgánica) por el factor 1.0 y para suelos con alto contenido (> 5.0 % de materia orgánica) por el factor 0.9. En suelos arenosos agregar de 10 kg a 20 kg de N/ha más a la recomendación (Pérez 2005: 7) (cuadro 11).

Cuadro 11. Recomendaciones de dosis de nitrógeno (kg N/ha) para el cultivo de caña de azúcar.

Categoría de materia orgánica (%)	Caña plantia (kg N/ha)	Rel N:TC
Baja (<2.0)	80	1.14
Media (2 a 5.0)	70	1.00
Alta (> 5.0)	60	0.90

Fuente: Pérez 2005.

H. Época de aplicación de nitrógeno

La época de aplicación del N está relacionada con el ritmo de absorción que posee la caña de azúcar, que es máximo en los primeros meses desde la brotación (Romero y Casen, 2009: 79). En caña plantia la fertilización se recomienda realizarla a los 45 días a 60 días después de la siembra, que es el momento cuando el cultivo comienza la absorción y aprovechamiento del fertilizante (Pérez 2015: 8).

El fraccionamiento de la aplicación de las dosis de N depende de dos factores: factores climáticos (lluvia principalmente) y factores edáficos (textura). En Guatemala se ha encontrado que el fraccionamiento en dos aplicaciones 30 días y 120 días después de la siembra es importante en suelos Andisoles de textura gruesa, localizados en el estrato alto de la región, donde el régimen pluvial es muy alto. También en suelos Andisoles superficiales del estrato medio y en suelos Entisoles arenosos (Pérez 1998: 8).

2.2.3 Antecedentes de investigación

- En la investigación realizada por Gerson Marcial aplicando cinco dosis de K en la variedad CP 72-2086 en Suchitepéquez donde el suelo poseía un alto contenido de K (344 ppm) no se encontraron diferencias significativas en los índices de desarrollo (población, altura, número y diámetro de entrenudos) e índices de rendimiento (TCH y TAH).
- En la investigación realizada por Ovidio Pérez en un suelo de textura Arenosa Franca de la finca Cristóbal del ingenio la Unión donde se aplicaron 4 niveles de K (0 kg/ha, 50 kg/ha, 100 kg/ha y 150 kg/ha) y 100 kg de N/ha uniformemente en todos los tratamientos, en las variedades CG00-102, CG98-78, CG98-46 y CP73-1547 no se encontraron diferencias significativas en las TCH, TAH y concentración de sacarosa bajo las condiciones de 245.70 ppm de K y un porcentaje de materia orgánica de 4 % en el suelo.
- En la investigación realizada por Cengicaña en la zafra 2017 - 2018 en la finca Playa Grande del ingenio Pantaleón evaluando cuatro niveles de N (0 kg/ha, 60 kg/ha, 120 kg/ha y 180 kg/ha) aplicando 100 kg de K₂O/ha uniformemente en todos los tratamiento en las variedades CG00-102, CG02-163, CG04-0587, CG04-10295, CG98-78, CG98-46, CP 72-2086 y CP73-1547 la interacción variedad x nitrógeno no tuvo efecto significativo en ninguna de las variables: TCH, TAH y concentración de sacarosa donde los contenidos de materia orgánica eran de 4.20 %.

- En la investigación realizada por Cengicaña en el ingenio La Unión, Magdalena, Palo Gordo, Tierra Nueva y el Baúl utilizando la variedad CP 72-2086 aplicando diferentes niveles de K (0 kg/ha, 40 kg/ha, 80 kg/ha, 120 kg/ha, 160 kg/ha y 200 kg/ha) y se incluyeron adicionalmente dosis de N (50 kg/ha y 100 kg/ha) se obtuvieron incrementos significativos de las TCH y TAH en los suelos con bajos contenidos de K de 82 ppm, 86 ppm y 102 ppm y bajos porcentajes de materia orgánica de 1.99 %. Con la aplicación de 160 kg de K₂O/ha y 100 kg de N/ha.

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Lugar de realización del estudio

La investigación se realizó en la finca “Luceros” de la administración Buganvilla de la región Central Norte de Guatemala, la cual posee las siguientes características:

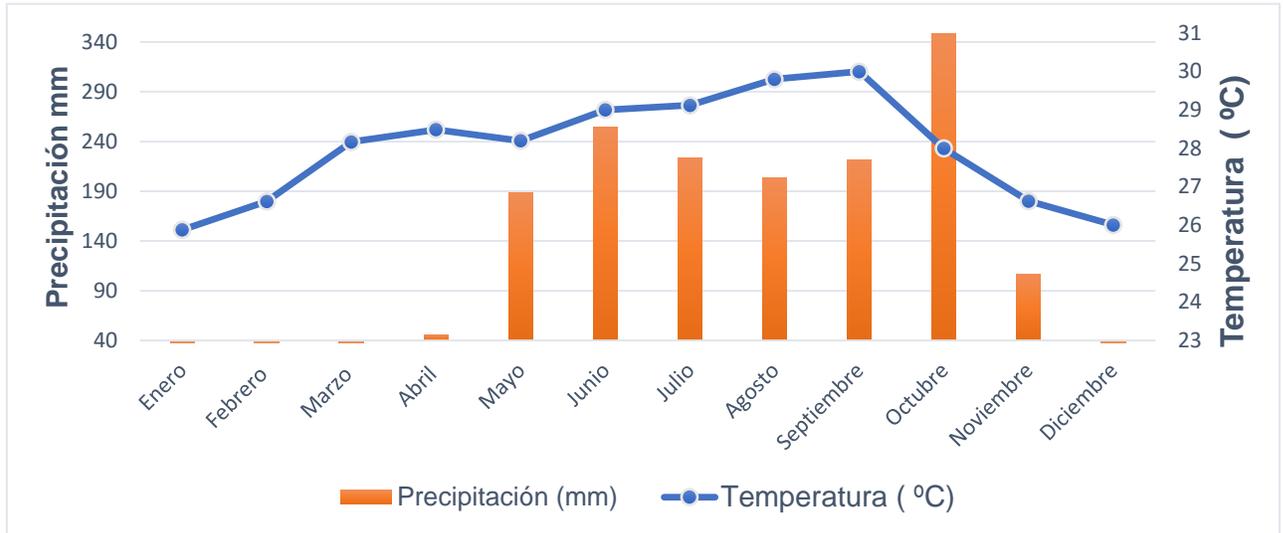
A. Localización

La finca Luceros se encuentra a 14 km del Ingenio Magdalena ubicada en el parcelamiento los Ángeles, Puerto San José Escuintla, sus coordenadas geográficas son latitud 14° 02' 14.2" N y longitud 90° 58' 19.4" W, su altitud es entre 21 m y 38 m s.n.m.

B. Clima

Debido a la clasificación ecológica establecida por Holdrige, en la finca Luceros se encuentra clasificada dentro de la zona de vida subtropical húmedo. Entre los meses de enero a mayo las temperaturas oscilan entre 26 °C a 27 °C, y las mínimas entre 18 °C y 25 °C, de junio a diciembre la temperatura está entre 29 °C y 32 °C, y la mínima entre 15 °C y 20 °C. La época de lluvia se manifiesta en los meses de mayo a octubre. En la figura 15 se

detalla el climograma de la localidad del parcelamiento los Ángeles, Puerto San José Escuintla.



Fuente: elaboración propia en base a ICC, 2015.

Figura 15. Climograma del parcelamiento Los Ángeles, Puerto San José, Escuintla.

C. Suelo

Los suelos son de textura arenosa (Cengicaña 2006: 1), moderadamente profundos y muy permeables. De acuerdo al sistema de clasificación establecido por Cengicaña (1994), los suelos de ésta localidad pertenecen al orden Andisoles, con un pH de 6.73, densidad aparente de 1.40 T/m³. En el cuadro 12 se muestra el resultado del muestreo de suelo realizado en el área, tomando dos muestras a una profundidad de 0 cm a 20 cm y de 20 cm a 40 cm. El estudio indica que el porcentaje de materia orgánica es aceptable por ser igual al 2 % (Pérez 2005), el Ca y el Mg se encuentran bajos por encontrarse entre los rangos de 4 meq/100g a 5 meq/100g y 1 meq/100g a 2 meq/100g respectivamente (Cengicaña 2017: 1).

El K se encuentra alto (0.76 meq/100g) (Cengicaña 2017) y el P se encuentra alto por encontrarse en rangos mayores a 30 ppm (Cengicaña 2017: 1).

Cuadro 12. Resultados del análisis de suelo de la finca Luceros.

Identificación de la etiqueta			No. Lab	Conductividad Eléctrica	pH en agua	Materia Orgánica	Calcio	Magnesio	K	Sodio	Capacidad de Intercambio Catiónico	Fósforo	Cobre	Cinc	Hierro	Manganeso
Finca	Lote	Estrato														
Luceros	3720302	0-20	S-1455-05-18	0.47	6.73	2.02	4.34	1.66	0.89	ND	7.35	166.67	1.32	5.18	55.12	42.87
Luceros	3720302	20-40	S-1456-05-18	0.22	7.01	1.08	4.21	2.02	0.89	ND	7.35	166.10	1.35	5.85	53.48	43.58

Fuente: laboratorio de Cengicaña, 2018.

2.3.2 Material experimental

Para la evaluación de la aplicación de diferentes niveles de K y N se utilizaron las siguientes variedades:

A. CP 72-2086

Posee un hábito de crecimiento de tallos semi-erectos con una cantidad de follaje intermedio. Entrenado de color verde amarillento con manchas negras el cual tiene una forma de crecimiento cilíndrico y ligeramente curvado al costado de la yema. La forma de crecimiento del nudo es obconoidal, yema redonda con alas, de base angosta; anillo de

crecimiento protuberante. Da indicios de ser una alternativa más para suelos de textura arenosa y franco-arenosa, por su aceptable adaptabilidad y población en comparación con otras. (Ingenio Magdalena 2016).

B. CP 02-1564

Por sus resultados en tonelajes de caña y azúcar, principalmente en la región Central Norte, da indicios de ser una alternativa más para suelos de textura arenosa y franca arenosa, por su aceptable adaptabilidad observándose una aceptable población en comparación con otras. Uno de los inconvenientes de esta variedad es su adelgazamiento de tallos en soca, en las cuales se debe tomar muy en cuenta los niveles de N a aplicar para corregir este problema. Su hábito de crecimiento es semi-erecto, puede alcanzar alturas hasta de 3.50 m, posee entrenudos largos, de forma cilíndrica con una coloración rojiza y yema pentagonal. La aurícula es de forma inclinada, las vainas poseen una cantidad considerable de afate. El cierre foliar que presenta esta variedad es intermedio. (Ingenio Magdalena 2016).

C. SP 83-2847

Variedad de alta producción de toneladas métricas de caña, escasa floración. Se adapta muy bien a las administraciones de la región Central Norte y sur por los tipos de suelo presentes que son de textura arenosa, franco arenoso, arcilloso (Ingenio Magdalena 2016).

Como aspecto de planta no posee un deshoje natural, con un hábito de crecimiento de tallos ligeramente inclinado y con follaje abundante. El entrenudo es de coloración verde amarillento con manchas negras y con crecimiento cilíndrico. El nudo tiene un crecimiento de forma conoidal y de color obscuro (morado); la yema predomina en forma de triángulo ovalada, la mayoría de los ápices de la yema no sobrepasan el anillo de crecimiento (Ingenio Magdalena 2016).

D. RB 84-5210

Es una variedad que posee un hábito de crecimiento semi-erecto con un follaje ligeramente abierto que se adapta muy bien a suelos arenosos, se adapta muy bien a espacios reducidos, se adapta a cosecha mecanizada y posee un muy buen rendimiento en cosecha manual (RIDESA 2010).

E. CG 02-163

La variedad CG02-163 se adapta a los estratos altitudinales: medio, bajo y litoral bajo condiciones de suelos de textura arenosos, franco arenoso, franco y franco arcilloso (Ingenio Magdalena 2016).

La adaptabilidad de la variedad CG02-163 a meses de cosecha está asociada con su curva de maduración natural e incidencia de floración y corcho. Se recomienda su uso en los meses de diciembre y enero en el estrato medio y de diciembre a abril en los estratos bajo y litoral (Ingenio Magdalena 2016).

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

Determinar la respuesta varietal del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a la fertilización al suelo de N y K, en la finca “Luceros” ubicada en el parcelamiento Los Ángeles, Puerto San José, Escuintla.

2.4.2 Objetivos específicos

1. Medir el comportamiento del desarrollo (población, altura, número y diámetro de entrenudos) en las variedades CP72-2086, CP 02-1564, SP83-2847, RB84-5210 y CG02-163 a través de diferentes índices por la aplicación de N y K en un suelo Andisol.
2. Determinar el efecto de la aplicación al suelo de N y K sobre los indicadores de rendimiento (TCH, TAH y kg/Tm de sacarosa) en las variedades CP72-2086, CP 02-1564, SP83-2847, RB84-5210 y CG02-163.
3. Determinar la dosis óptima económica en las variedades CP72-2086, CP 02-1564, SP83-2847, RB84-5210 y CG02-163.

2.5 HIPÓTESIS

Se producirá mayor respuesta en el desarrollo de caña (población, altura, número y diámetro de entrenudos) y en el rendimiento (TCH, TAH y kg/Tm de sacarosa) a medida que se incrementan las dosis de N y K aplicadas a un suelo Andisol

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Tratamientos y niveles de fertilización

Los tratamientos evaluados en la investigación fueron 12, en los cuales se utilizaron niveles de 0 kg/ha, 60 kg/ha, 120 kg/ha y 180 kg/ha para N y K. Se aplicaron en todos los tratamientos niveles constantes de 100 kg/ha y 40 kg/ha de P₂O₅ y Yeso (18 % S y 24 % Ca).

2.6.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue considerando las condiciones del terreno, la localidad y los factores. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones utilizando los siguientes factores:

- Factor A: las variedades (cuadro 13).

Cuadro 13. Variedades evaluadas en el ensayo.

V1: CP 72-2086
V2: SP 83-2847
V3: RB 84-5210
V4: CG 02-163
V5: CP 02-1564

Fuente: elaboración propia, 2018.

- Factor B: niveles de fertilización (cuadro 14).

Cuadro 14. Tratamientos evaluados de las diferentes dosis de nitrógeno, potasio, fósforo y yeso en kg/ha aplicados a un suelo Entisol.

Tratamiento	Nivel				Dosis			
					kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Urea (46 %)	TSP (46 %)	KCl (60 %)	Yeso (18 % S y 24 % Ca)
1	0	100	120	40	0	217	200	222
2	60	100	120	40	130	217	200	222
3	120	100	120	40	261	217	200	222
4	180	100	120	40	391	217	200	222
5	60	100	0	40	130	217	0	222
6	60	100	60	40	130	217	100	222
7	60	100	180	40	130	217	300	222
8	120	100	0	40	261	217	0	222
9	120	100	60	40	261	217	100	222
10	120	100	180	40	261	217	300	222
11	0	100	0	40	0	217	0	222
12	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Departamento de Investigación Ingenio Magdalena, 2018.

2.6.3 Unidad experimental y aleatorización

Cada unidad experimental estuvo conformada por cinco surcos de 10 m de largo con un distanciamiento entre surco de 1.50 m, con un área de 75 m²; entre cada ancho de la unidad se dejó de por medio un surco de 1.50 m y una separación entre largo de 4 m. La parcela total del experimento tuvo un área de 2.30 ha. Para reducir el efecto de borde se establecieron cuatro surcos de cada lado de la parcela (cuadro 15).

Cuadro 15. Distribución de los tratamientos en la finca Luceros.

REPETICIÓN 1					REPETICIÓN 2					REPETICIÓN 3					
V3 T2	V4 T2	V5 T10	V1 T2	V2 F5	V4 T9	V1 T11	V5 T5	V3 T9	V2 T5	V5 T4	V2 T5	V3 T2	V1 T12	V4 T2	10m
4 m calle															
V3 T3	V4 T12	V5 T3	V1 T9	V2 F10	V4 T5	V1 T4	V5 T4	V3 T4	V2 T7	V5 T1	V2 T3	V3 T5	V1 T2	V4 T7	10m
4 m calle															
V3 T4	V4 T1	V5 T5	V1 T3	V2 F12	V4 T7	V1 T8	V5 T3	V3 T5	V2 T3	V5 T6	V2 T8	V3 T1	V1 T8	V4 T4	10m
4 m calle															
V3 T7	V4 T3	V5 T6	V1 T7	V2 F7	V4 T10	V1 T12	V5 T7	V3 T11	V2 T8	V5 T10	V2 T7	V3 T7	V1 T3	V4 T10	10m
4 m calle															
V3 T6	V4 T8	V5 T7	V1 T10	V2 F2	V4 T2	V1 T9	V5 T2	V3 T8	V2 T1	V5 T11	V2 T2	V3 T8	V1 T7	V4 T11	10m
4 m calle															
V3 T12	V4 T10	V5 T8	V1 T11	V2 F11	V4 T8	V1 T10	V5 T6	V3 T7	V2 T4	V5 T12	V2 T11	V3 T9	V1 T5	V4 F12	10m
4 m calle															
V3 T8	V4 T6	V5 T9	V1 T5	V2 F9	V4 T1	V1 T3	V5 T9	V3 T6	V2 T11	V5 T8	V2 T6	V3 T6	V1 T11	V4 T6	10m
4 m calle															
V3 T9	V4 T11	V5 T1	V1 T1	V2 F3	V4 T4	V1 T7	V5 T11	V3 T3	V2 T6	V5 T2	V2 T9	V3 T10	V1 T6	V4 T5	10m
4 m calle															
V3 T1	V4 T4	V5 T12	V1 T6	V2 F8	V4 T6	V1 T6	V5 T8	V3 T2	V2 T10	V5 T9	V2 T10	V3 T11	V1 T9	V4 T1	10m
4 m calle															
V3 T10	V4 T5	V5 T2	V1 T8	V2 F6	V4 T11	V1 T2	V5 T10	V3 T10	V2 T2	V5 T7	V2 T4	V3 T12	V1 T4	V4 T8	10m
4 m calle															
V3 T11	V4 T9	V5 T4	V1 T12	V2 F1	V4 T12	V1 T1	V5 T12	V3 T1	V2 T12	V5 T3	V2 T1	V3 T4	V1 T1	V4 T9	10m
4 m calle															
V3 T5	V4 T7	V5 T11	V1 T4	V2 F4	V4 T3	V1 T5	V5 T1	V3 T2	V2 T9	V5 T5	V2 T12	V3 T3	V1 T10	V4 T3	10m
4 m calle															

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.6.4 Variables respuesta

A. Índices de desarrollo (biometría)

a. Primera biometría

La primera biometría se realizó a los 53 días después de la siembra. La altura de tallos se midió desde la base de la caña hasta el último entrenudo visible, al mismo tiempo, se determinó el número de tallos que existían en los 10 m lineales que era lo que media de largo cada unidad experimental (figura 16). Este procedimiento se llevó a cabo para cada tratamiento y repetición. La toma de datos se realizó en el surco central de cada unidad experimental.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 16. A) Toma de altura de tallos. B) Conteo de tallos en 10 m lineales.

b. Segunda y tercera biometría

La segunda biometría se realizó a los 131 días después de la siembra y a los 265 días la tercera medición. Se tomó la altura de todos los tallos presentes en un metro lineal y se midió desde la base de la caña hasta el último entrenudo visible de cada caña se contó el número total de entrenudos (figura 17). El diámetro de todos los entrenudos se midió con un vernier y posteriormente se determinó el promedio por tallo. La medición se llevó a cabo en el surco central de cada unidad experimental.

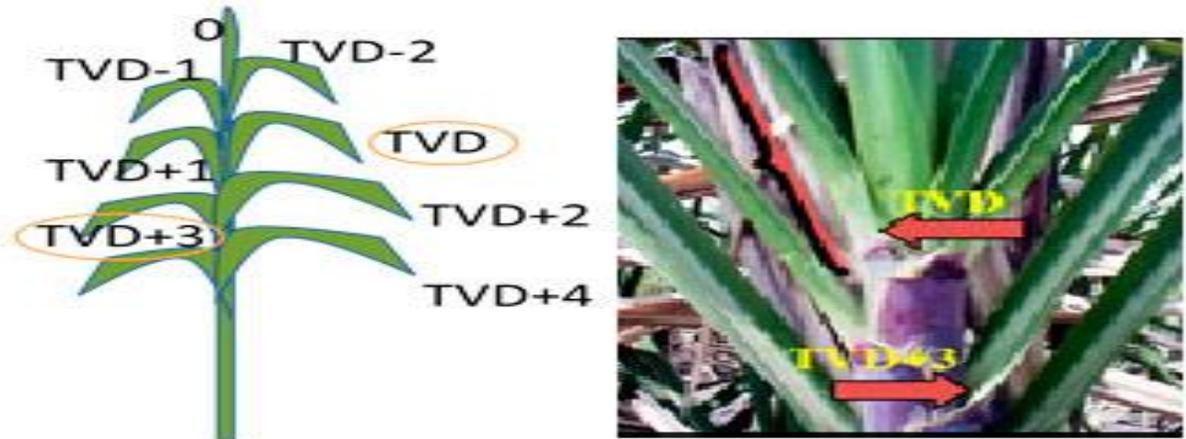


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 17. Medición del número de entrenudos en cada unidad experimental

B. Muestreo foliar

El muestreo foliar se llevó a cabo a los cinco meses después de la siembra a los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. El muestreo se realizó en el surco central de cada unidad experimental tomando cinco hojas al azar que correspondían a la primera con cuello visible (hoja TVD) (figura 18).



Fuente: CINCAE, 2019.

Figura 18. Primera hoja con cuello visible (TVD) muestreada para el análisis de tejido vegetal.

Una vez colectadas las hojas de cada tratamiento se eliminó el tercio superior, inferior y la vena central. Cada muestra se colocó en bolsas etiquetadas y debidamente identificadas. Las muestras fueron enviadas al laboratorio “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos para realizar la cuantificación de las propiedades químicas.

C. Tonelada de caña por hectárea (TCH)

El rendimiento expresado en toneladas de caña por hectárea de los diferentes tratamientos evaluados se midió tomando el peso total de caña obtenido en cada unidad experimental (figura 19) y luego por regla de tres se determinó el rendimiento por hectárea. La fórmula utilizada fue la siguiente: (Pérez; Montepeque; Gómez. 1995).

- **Rendimiento (TCH)** = (10,000 x peso (ton.) de las parcelas) / área total de las parcelas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 19. Toma del peso de cada unidad experimental.

D. Rendimiento de azúcar por hectárea (TAH)

Los rendimientos de azúcar en toneladas por hectárea de los diferentes tratamientos se determinaron en base a los resultados obtenidos a nivel de laboratorio del Ingenio Magdalena.

E. Concentración de sacarosa (kg/Tm)

El rendimiento de azúcar en kilogramos por tonelada de caña de los diferentes tratamientos se determinó en base a los resultados obtenidos a nivel de laboratorio del Ingenio Magdalena.

2.6.5 Manejo agronómico del experimento

A. Preparación del suelo

a. Subsolado

Esta actividad consistió en destruir las capas compactadas o impermeables del suelo a una profundidad de 60 cm para mejorar la estructura, mejorando el movimiento del agua y aire.

b. Rastra

Se realizó el paso de dos rastras para destruir los terrones que quedaron después de la realización del subsolado con el fin de obtener un mejor contacto de la semilla con el suelo.

c. Surqueo

Por último, se realizó el surqueo en el terreno a un distanciamiento entre surco de 1.50 m.

B. Siembra

Previo a la realización de la siembra en plantía de la caña de azúcar se realizaron las siguientes actividades:

a. Corte de semilla

La semilla de cada variedad se obtuvo de semilleros comerciales de dos fincas del Ingenio. En el cuadro 16 se detalla la procedencia de cada semilla de caña de azúcar.

Cuadro 16. Fincas donde se obtuvieron las semillas de las distintas variedades.

Finca	Variedad
Polonia	CG 02-163
Santa Elisa	CP 02-1564
Santa Elisa	CP 72-2086
Santa Elisa	RB 84-5210
Santa Elisa	SP 83-2847

Fuente: elaboración propia, 2018.

La semilla fue cortada en toletes, y cada uno de estos contenía dos yemas (figura 20). Por cada variedad se utilizaron 125 toletes (108 costales).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 20. A) Tolete. B) Corte de tolete.

b. Cura de la semilla

Para curar la semilla se utilizó un insecticida que contenía el ingrediente activo Fipronil, el cual se preparó diluyendo 75 ml del producto en 100 l de agua. La semilla se sumergió por veinte segundos en la solución preparada (figura 21).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 21. Recipiente para la cura de semilla

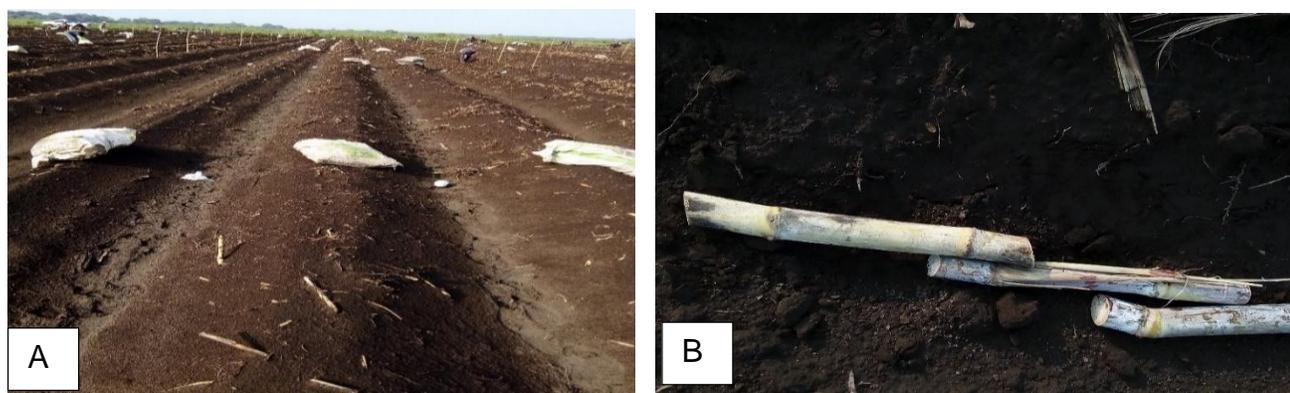
c. Cargue y descargue de la semilla

Se realizó la supervisión de la carga de los paquetes de semilla en el camión en el área del semillero con el objetivo de no dañar los paquetes y el amarre al momento de realizar la actividad.

d. Siembra

La siembra se realizó de manera manual, distribuyendo 3 costales que contenían 125 toletes cada uno, en cada bloque. Se colocó en cada surco de 10 m lineales 75 toletes para obtener una cantidad de 150 yemas. Los toletes se distribuyeron con un traslape del 50 %.

Posteriormente, se realizó el tapado de los toletes asegurando de llenar con una capa aproximada de cinco cm de suelo (figura 22).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 22. A) Distribución de toletes. B) Traslape y colocación de toletes.

C. Manejo de malezas

Para el control de malezas se realizaron dos aplicaciones de herbicidas y una limpieza manual; la aplicación de herbicidas se realizó en pre emergencia y parchoneo. La limpieza manual se realizó al momento del cierre del cañal.

El control de malezas en pre emergencia se realizó a los cuatro días después de la siembra. En el cuadro 17 se describen los productos, ingredientes activos y dosis utilizadas de herbicidas para el control de malezas.

Cuadro 17. Mezcla para control de malezas en pre emergencia.

Producto	Ingrediente	Dosis
Pentamins	Corrector de dureza y pH	0.10 kg/ha
Atrazina 90 WG	Atrazina	3 kg/ha
Alion 50 SC	Indaziflam	0.18 l/ha
2,4-D amina 72 SL	2,4-D	1 l/ha

Fuente: elaboración propia, 2018.

El segundo control de malezas se realizó a los 23 días después de la siembra, aplicando herbicida a las zonas en donde existía presencia de malezas (parchoneo). En el cuadro 18 se detalla el producto, ingrediente activo y la dosis utilizada en la segunda aplicación de herbicida a la parcela.

Cuadro 18. Mezcla para control de malezas en post emergencia.

Producto	Ingrediente	Dosis
Pentamins	Corrector de dureza y pH	0.10 kg/ha
Sempre 75 WG	Halosulfuronmetil	110 gr/ha

Fuente: elaboración propia, 2018.

D. Control de plagas

Para el control de plagas se utilizaron los insecticidas detallados en el cuadro 19. Los insecticidas utilizados se emplearon para el control del saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora* spp.) por la gran infestación manifestada a los cuarenta y seis días después de la siembra de la caña de azúcar.

Cuadro 19. Mezcla para el control del saltón coludo (*Saccharosydne saccharivora* spp.).

Producto	Ingrediente	Dosis
Pentamins	Corrector de pH y dureza	0.10 kg/ha
DANTOTSU® 50WG	Clothianidin	100 g/ha
INEX	Adherente	0.30 l/ha

Fuente: elaboración propia, 2018.

E. Riego

Para la aplicación del riego se realizó con el sistema aspersión utilizando mini aspersores de la marca NDJ utilizando una presión de 45 PSI y una descarga de agua de 4.50 GPM.

El área de aplicación de agua de los mini aspersores es de 0.0216 ha, se trabajó a una frecuencia de riego de 8 a 9 días aplicando una lámina diaria promedio de 4.50 mm.

F. Fertilización

La fertilización empleada se realizó en los siguientes momentos: a) Fertilización al momento de la siembra; b) Fertilización a los 35 días después de la siembra y c) Fertilización a los 60 días después de la siembra.

a. Fertilización al momento de la siembra

La primera fertilización se llevó a cabo de manera manual aplicándola al momento de la siembra, la cual se distribuyó al fondo del surco utilizando triple superfosfato (0-46-0) como fuente de fósforo con una dosis de 100 kg de P_2O_5 /ha con excepción en el tratamiento 12 que es el testigo, para lo cual basándose en esa dosis se aplicó 325 g/10m que es lo que mide cada surco de la unidad experimental.

b. Fertilización a los 35 días después de la siembra

La segunda fertilización se realizó de forma manual a los 35 días después de la siembra. Se aplicó el 40 % de las dosis de N utilizando Urea (46-0-0), el 40 % del K (0-0-60) utilizando como fuente Cloruro de K (0-0-60) y el 100 % de yeso (18 % S y 24 % Ca), posteriormente se procedió al paso de una cultivadora para el tapado del fertilizante (figura 23).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 23. Paso de la cultivadora

c. Fertilización a los 60 días después de la siembra

La tercera fertilización se realizó de forma manual a los 60 días después de la siembra. Se aplicó el 60 % de las dosis de N utilizando como fuente Urea (46-0-0) y el 60 % del K (0-0-60) utilizando como fuente Cloruro de K (0-0-60). Las dosis utilizadas fueron de acuerdo a los tratamientos descritos anteriormente.

2.6.6 Cosecha

La cosecha se realizó a los once meses después de la siembra, cuando la caña de azúcar llegó a su madurez fisiológica y las plantas de caña se comenzaron a tornarse de un color amarillo indicador de que estaban llegando a su madurez fisiológica. La cosecha se realizó de manera manual.

2.7 Análisis de la información

Para el análisis de los indicadores de rendimiento: toneladas de caña por hectárea, concentración de sacarosa, toneladas de azúcar e índices de desarrollo (finca) se realizaron cuadros con las medias para describir su comportamiento, así mismo se realizó análisis de varianza (ANDEVA) verificando el cumplimiento de los supuestos que validan el modelo estadístico-matemático para determinar si existía o no diferencia significativa y a las variables que presentaron diferencias significativas se le realizó una prueba de medias de Tukey.

Las Dosis Óptimas Económicas de N (DOEN) y K (DOENK) se había contemplado realizarlas a través de un modelo de regresión cuadrático igualando y resolviendo la primera derivada de la regresión con la relación de precios I/P (I: precio insumo y P: precio de campo del producto).

2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo al análisis de datos obtenidos de biometría (población, altura, número y diámetro de entrenudos) e índices de rendimiento (TCH, TAH y kg/Tm de sacarosa) se realizó un análisis exploratorio para comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad con los residuos.

En cuanto a la normalidad la prueba de Shapiro-Wilks (cuadro 21A, 22A, 23A, 24A, 25A, 26A y 27A) y el Q-Q plot (figura 25A, 26A, 27A, 28A, 29A, 30A y 31A) revelan que los residuos son normales. La homocedasticidad, la dispersión de predichos y residuos estudentizados (figura 32A, 33A, 34A, 35A, 36A, 37A y 38A) no muestran ningún patrón asociado a la heteroscedasticidad, por lo que no hubo necesidad de realizar una transformación de datos.

2.8.1 Índices de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar

En los cuadros 28A, 29A y 30A se presentan los resultados de los índices de desarrollo de las cinco variedades de caña obtenidos en la etapa de maduración (265 días después de siembra).

Se puede observar que la variedad CG 02-163 presentó un rango entre tratamientos de 160 a 214 para la población, de 2.08 cm a 2.84 cm para la altura, de 2.02 cm a 2.21 cm para el diámetro y de 19 entrenudos a 23 entrenudos. La variedad CP 02-1564 un rango de 156 a 209 para la población, una altura de 2.14 cm a 2.58 cm, un diámetro de 2.24 cm a 2.45 cm y de 18 entrenudos a 22 entrenudos.

La variedad CP 72-2086 presentó un rango entre tratamientos de 148 a 179 para la población, una altura de 1.89 cm a 2.55 cm, un diámetro de 2.06 cm a 2.43 cm y 18 entrenudos a 22 entrenudos. La variedad RB 84-5210 un rango de 125 a 192 para la población, de 2.35 cm a 3.02 cm para la altura, de 2.15 cm a 2.42 cm para el diámetro y 20 entrenudos a 25 entrenudos.

Por último, la variedad SP 83-2847 presento un rango entre tratamientos de 162 a 197 para la población, una altura de 2.49 cm a 3.33 cm, un diámetro de 2.11 cm a 2.43 cm y 20 entrenudos a 25 entrenudos.

Al realizar un análisis de varianza utilizando un nivel de significancia del 5 % no se encontraron diferencias significativas (cuadro 31A, 32A, 33A y 34A) bajo las condiciones del experimento, únicamente se encontró diferencia significativa para la variable altura por efecto del factor variedad, por lo que se realizó una prueba de medias de Tukey (cuadro 20) utilizando un nivel de significancia del 5 %, se obtuvo que la variedad con mayor altura es la SP 83-2847.

Cuadro 20. Prueba de media Tukey para la variable altura.

VAR	Medias	n	E.E.			
SP 83-2847	2.90	36	0.1	A		
RB 84-5210	2.68	36	0.1	B	B	
CG 02-163	2.44	36	0.1		B	B
CP 02-1564	2.37	36	0.1		B	B
CP72-2086	2.30	36	0.1			B

La altura es una característica que está determinada por factores externos e internos dependientes de cada variedad de caña de azúcar dando como resultado la interacción de estos dos factores alturas variables (González Ríos 2005: 26), por lo que posiblemente la variedad SP 83-2847 presentó una mayor adaptación que las demás variedades a los factores externos bajo los cuales se realizó la investigación presentando así una mayor altura.

Los resultados del primero y segundo muestreo de los índices de desarrollo (35A, 36A, 37A, 38A, 39A y 40A) no presentan estadísticamente diferencia significativa indicando que la aplicación de diferentes niveles de N y K al suelo produjeron el mismo efecto en el desarrollo de las distintas variedades en la etapa de macollamiento (53 días después de siembra) y elongación (131 días después de siembra) de las cinco variedades.

2.8.2 Toneladas de caña por hectárea (TCH)

Según los resultados obtenidos (cuadro 41A) en toneladas de caña por hectárea las medias demuestran que la variedad CG 02-163 presentó un rango entre tratamientos de 105 TCH a 157.51 TCH, la variedad CP 02-1564 un rango de 106.04 TCH a 162.58 TCH, la variedad CP 72-2086 un rango de 103.02 TCH a 129.87 TCH, la variedad RB 84-5210 de 102.31 TCH a 153.86 TCH y la variedad SP 83-2847 de 107.55 TCH a 156.89 TCH. Los resultados

de TCH obtenidos por las variedades se consideran altos debido a que el ingenio considera una alta producción a la obtención mayor de 100 TCH (ing. Marroquín 2018).

Estadísticamente con nivel de significancia del 5 % no existe diferencia, según los resultados del análisis de varianza presentes en el cuadro 42A. Lo anterior indica que la aplicación de distintos niveles de fertilización (N y K), la variedad y la interacción de los dos factores no tuvieron efectos significativos en el rendimiento de caña (TCH) bajo las condiciones del experimento.

2.8.3 Concentración de sacarosa (kg/Tm)

En el cuadro 43A se presentan los resultados de las medias de la concentración de sacarosa de las cinco variedades.

Según los resultados obtenidos las medias demuestran que la variedad CG 02-163 obtuvo un rango entre tratamientos de 96.86 kg/Tm a 121.12 kg/Tm, la variedad CP 02-1564 un rango de 99.33 kg/Tm a 114.20 kg/Tm, la variedad CP 72-2086 101.59 un rango de 89.25 kg/Tm a 113.20 kg/Tm, la variedad RB 84-5210 de 98.26 kg/Tm a 105.93 kg/Tm y la variedad SP 83-2847 de 98.30 kg/Tm a 107.70 kg/Tm.

Estadísticamente con nivel de significancia del 5 % no existe diferencia, según los resultados del análisis de varianza presentes en el cuadro 44A. Lo anterior indica que los distintos niveles de fertilización (N y K), la variedad y la interacción de los dos factores no tuvieron efectos significativos en la concentración de sacarosa (kg/Tm) bajo las condiciones del experimento.

Analizando el resultado promedio de Pol y pureza de jugo en las cinco variedades de caña (figura 24) bajo las condiciones altas de K presentes en el suelo (347.10 ppm) y contenidos medios de materia orgánica (2.02 %) se puede observar que las variedades CG 02-163

presentó la mayor cantidad de Pol y pureza de jugo, la variedad CP 02-1564 y SP 83-2847 se mantuvieron entre los rangos de calidad aceptables de Pol y pureza de jugo los cuales son 17 Pol y 85 pureza de jugo (Ing. Morales 2018) y las variedades CP 72-2086 y RB 84-5210 estuvieron por debajo de estos rangos de calidad.

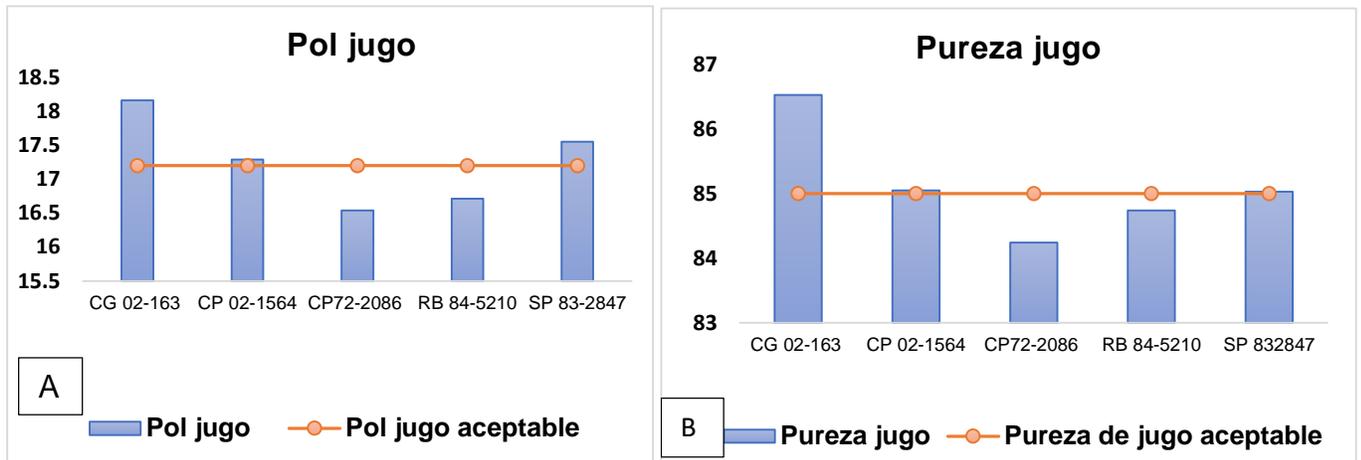


Figura 24. A) Pureza de jugo de las cinco variedades. B) Pol de las cinco variedades.

2.8.4 Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)

En el cuadro 45A se presentan los resultados de las medias de las toneladas de azúcar por hectárea de las cinco variedades. Según los resultados obtenidos las medias demuestran que la variedad CG 02-163 obtuvo un rango entre tratamientos de 11.11 TAH a 18 TAH, la variedad CP 02-1564 un rango de 11.78 TAH a 16.59 TAH, la variedad CP 72-2086 un rango de 9.83 TAH a 14.08 TAH, la variedad RB 8452-10 de 11 TAH a 15.27 TAH y la variedad SP 83-2847 de 11.03 TAH a 16.17 TAH. Estos resultados obtenidos de TAH se consideran un alto rendimiento debido a que una producción mayor a 10 TAH se considera alto en el ingenio (ing. Marroquín 2018).

Estadísticamente con nivel de significancia del 5 % no existe diferencia, según los resultados del análisis de varianza presentes en el cuadro 46A. Lo anterior indica que los diferentes niveles de fertilización, la variedad y la interacción de los dos factores no tuvieron efectos significativos en las Toneladas de azúcar por hectárea (TAH) bajo las condiciones del experimento.

La no respuesta al factor fertilización (N y K) y el factor variedad (CP72-2086, CP 02-1564, SP83-2847, RB84-5210 y CG02-163) en las variables indicadores de rendimiento (TCH, TAH y kg/Tm de sacarosa) e índices de desarrollo (población, altura, número y diámetro de entrenudos) posiblemente se debió a la alta concentración de K en el suelo de la finca Luceros 347.1 ppm que sobre pasa los contenidos requeridos por el cultivo. (Cengicaña 2012: 25), resultados similares han sido reportados por Pérez (2015: 12), en suelos con contenidos de K mayores de 200 ppm no hubo respuesta a las aplicaciones de K.

En el caso del Nitrógeno, la no repuesta se debió posiblemente a los contenidos bajos de materia orgánica (2%) presentes en el suelo, (Cengicaña 2012: 27).

Investigaciones realizadas por Pérez (2005: 5) en suelos que poseen contenidos bajos de materia orgánica, las respuestas son variables dando como resultado en algunos suelos respuesta positiva y en otros sin respuesta ante las aplicaciones de N y a la baja eficiencia de este nutriente debido a su dinámica en el suelo, en donde una de las principales pérdidas es por lixiviación especialmente en suelos arenosos a causa de la baja actividad química de las arenas como lo demuestran los análisis químicos de suelo con fines de fertilidad del área de estudio en donde la CIC presenta un valor de 7.35 meq/100 g de suelo con un porcentaje de saturación de bases mayor al 90 %. Los suelos con estas características poseen una fertilidad potencial y real baja.

Cabe mencionar que el ensayo fue establecido en un área donde existen vetas de arena (figura 39A). En las áreas cañeras de Guatemala la producción de caña en estas áreas está estrechamente relacionado con los rendimientos, en donde el incremento del contenido de arena en una veta, la actividad química disminuye aumentando así las pérdidas por lixiviación, lo cual se refleja una gran variabilidad en los rendimientos (Rodríguez Corado 2017: 84).

2.9 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del experimento se concluye que:

1. La aplicación de diferentes niveles de N y K no produjo mayor población, número de entrenudos y diámetro de tallos en las etapas de macollamiento, elongación y maduración en las cinco variedades, sin embargo, en la etapa de maduración se obtuvo diferencia significativa en el factor variedad para la altura de tallos, obteniendo que la variedad con mayor altura fue la SP 83-2847.
2. La aplicación de dosis crecientes de N y K no produjeron efectos estadísticamente significativos en las toneladas de caña por hectárea (TCH) de las cinco variedades.

3. No se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en la concentración de sacarosa (kg/Tm) en las cinco variedades.
4. La aplicación de dosis crecientes de N y K no produjeron efectos estadísticamente significativos en las toneladas de azúcar por hectárea (TAH) de las cinco variedades ni se observó tendencia de respuesta a la aplicación de K en dosis crecientes.
5. No fue posible generar el modelo para determinar la dosis óptima económica de N (DOEN) y K (DOEK) debido a que todos los tratamientos son iguales entonces no fue necesaria la realización de dicha estimación ya que según el modelo de regresión se somete solamente los tratamientos en estudio con diferencia significativa.

2.10 RECOMENDACIONES

1. Continuar con la evaluación de las cinco variedades para tener datos de primera soca y segunda soca, para obtener una mayor validación del comportamiento de las distintas variedades.
2. Repetir la investigación en espacio y tiempo.
3. Realizar investigaciones de este tipo en áreas edáficas homogéneas.

2.11 BIBLIOGRAFÍA

1. Bertsch Hernández, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
2. Cengicaña (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 1994. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera de Guatemala (en línea). Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101632612.pdf>
3. _____. 2016. Variedad CG 02-163 (en línea). Guatemala. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://cengicana.org/files/20180917125841197.pdf>
4. _____. 2017. Interpretación de análisis de suelos y foliares. Guatemala. 1 p.
5. _____. 2018. Análisis de suelos. Guatemala. 1 p.
6. _____. 2012 (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). Guatemala. 512 p
7. Chaves Solera, M. 1999. Liga agrícola industrial de la caña de azúcar dirección de investigación y extensión de la caña de azúcar (en línea). Costa Rica, Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Consultado 14 mar. 2018. Disponible en <https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=1753&d=1707>
8. CINCAE (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador). 2019. Manejo de suelos y fertilizantes (en línea). Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <http://cincae.org/diagnostico-de-enfermedades/>
9. Costa Martin, J. 2009. Ciclo del nitrógeno (en línea). Consultado 16 mar. 2018. Disponible en <http://www.ugr.es/~cjl/Nitrogeno%20en%20suelos.pdf>
10. FertiLab., México. 2004. Movilidad del K en el suelo. Consultado 14 mar 2018. Disponible en: <https://www.fertilab.com.mx/>
11. González Ríos, P. Estudio sobre las variedades de caña de azúcar en Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico, Estación experimental agricultura. Bol.No 199.202. 1966 p
12. ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, Guatemala). 2017. Estación meteorológica Amazonas (en línea). Consultado 14 mar. 2018. Disponible en <https://redmet.icc.org.gt/>
13. Ingenio Magdalena, Guatemala. 2016a. CP 02-1564, información de variedades. La Democracia, Escuintla, Guatemala. 6 p.
14. _____. 2016b. CG 02-163, información de variedades. La Democracia, Escuintla, Guatemala. 6 p

15. _____.2016c. CP 72-2086, información de variedades. La Democracia, Escuintla, Guatemala. 6 p.
16. _____.2016d. SP 83-2847, información de variedades. La Democracia, Escuintla, Guatemala. 6 p.
17. Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación, Guatemala. 2018, Tratamientos de investigación. Guatemala. 1 p.
18. Lazcano-Ferrat, I. 2006. El potasio, esencial para un buen rendimiento en la caña de azúcar (en línea). Engormix, Agricultura. Consultado 15 mar. 2018. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/foros/potasio-esencial-buen-rendimiento-t4712/>
19. MAGA-UPGGR (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo, Guatemala). 2006. Mapa de cobertura del suelo y uso de la tierra de la república de Guatemala (en línea). Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101632368.pdf>
20. Marcial Morales, GB. 2014. Aplicación de cinco dosis de potasio en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) var. CP-722086 ciclo plantía en suelo alfisol, Santo Domingo Such (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22_0251.pdf
21. Marroquín, O. 2018. Información de rangos de rendimiento en toneladas de caña y azúcar por hectárea (entrevista). Guatemala, Ingenio Magdalena, Proveedor de caña.
22. Morales España, JC. 2018. Información de parámetros de calidad de los grados Brix, Pol y pureza de jugo. Guatemala, Ingenio Magdalena, Gerente de Fábrica.
23. Pérez, O. 2005. Nutrición y fertilización (en línea). Guatemala, Cengicaña. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101644239.pdf>
24. Pérez, O; Cruz, W; Hernández, F. 1998. Épocas de aplicación y fraccionamiento de nitrógeno en suelo liviano. *In* Memoria. Presentación de resultados de investigación zafra 1997-1998. Guatemala, Cengicaña. 107 p.
25. Pérez, O; Melgar, M. 2000. Sugar cane response to potassium fertilization on andisol, entisol and mollisol soils of Guatemala. *Better Crops International* 14(2):20-22.
26. Pérez, O; Montepeque, R; Gómez, R. 1995. Estudio exploratorio de NPK en caña de azúcar plantilla var. Mex-68P23 finca El Bálsamo, Ingenio Pantaleón. *In* Memoria semana científica de la división agrícola. Guatemala, CENGICAÑA. v. 1, p. 172-180.
27. Quintero Duran, R. 1995. Fertilización y nutrición en el cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia (en línea). Consultado 15 mar. 2018. Disponible en

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241259/El_cultivo_de_la_ca_a._Fertilizaci_n_y_nutrici_n.pdf

28. RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, Brasil). 2010. Catálogo nacional de variedades RB de caña de azúcar (en línea). Curitiba, Brasil. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en https://docs.wixstatic.com/ugd/097ffc_e328a69f7b78434088b21262cab3c75f.pdf
29. Romero, E; Alonso, L; Casen, S; Fernanda, M; Neme, L; Tonatto, J; Scandaliaris, J; Digonzelli, P; Giardina, J; Fernández de Ullivarri, J. 2009. Fertilización de la caña de azúcar criterios y recomendaciones (en línea). *In* Manual del cañero. Eds. Eduardo Romero, Patricia Digonzelli, Jorge Scandaliaris. Tucumán, Argentina, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. p. 87-100. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263075501_CAPITULO_7_FERTILIZACION_DE_LA_CANA_DE_AZUCAR_Criterios_y_recomendaciones
30. Romero, ER; Olea, I; Scandaliaris, J; Alonso, J; Digonzelli, P; Tonatto, J; Leggio Neme, MF. 2004. Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar (en línea). Consultado 18 mar. 2018. Disponible en <http://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/recomendaciones-para-la-fertilizacion-de-la-cao-de-azucar>
31. Rodríguez Corado, AB. 2017. Influencia de vetas arenosas en la producción de caña de azúcar, finca Monte Alegre, diagnóstico y servicios prestados en Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C. A. (en línea). Consultado 18 mar. 2019. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6902>
32. Sanzano, A. 2004. El K del suelo (en línea). USA. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/251e0b2ce526f8b1032580360060025a/\\$FILE/1-%20Sanzano%20-%20Simposio%20Fertilidad%20NOA%202016.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/251e0b2ce526f8b1032580360060025a/$FILE/1-%20Sanzano%20-%20Simposio%20Fertilidad%20NOA%202016.pdf)
33. Tobías, H. 2010. Cartografía de suelos en Guatemala (cartografía convencional de suelos) (en línea). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 34 diapositivas. Consultado 20 feb. 2109. Disponible en <https://studylib.es/doc/8550601/clasificacion-de-los-suelo-en-guatemala>

2.12 ANEXOS

Cuadro 21A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable población.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO POB	180	0	20.74	0.99	0.8515

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 22A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable altura.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO ALT	180	0	0.26	0.98	0.1385

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 23A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable número de entrenados.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO NDE	180	0	1.74	1	0.998

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 24A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable diámetro.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO DIAM	180	0	0.13	0.99	0.6776

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 25A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable TCH.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO TCH	180	0	24.06	0.98	0.3672

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 26A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable TAH.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO TAH	180	0	2.59	0.99	0.8465

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 27A. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable sacarosa.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Kg/Tm	180	0	6.53	0.98	0.3857

Fuente: elaboración propia, 2018.

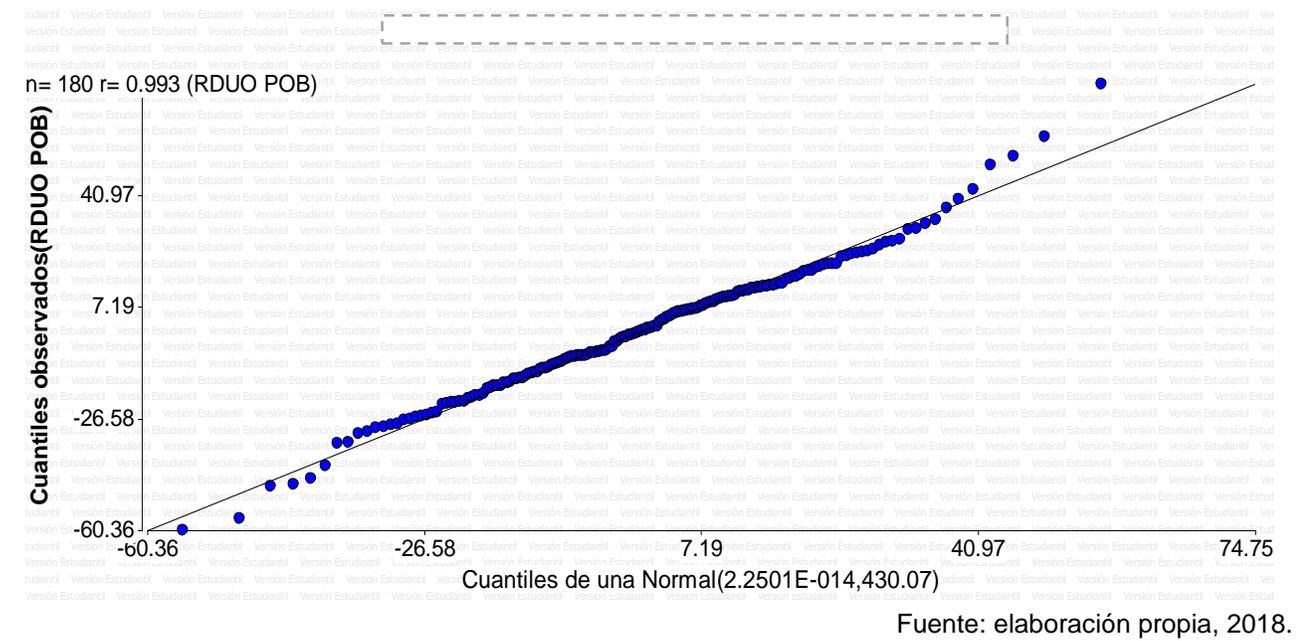


Figura 25A. Q-Q plot para los residuos de la variable población.

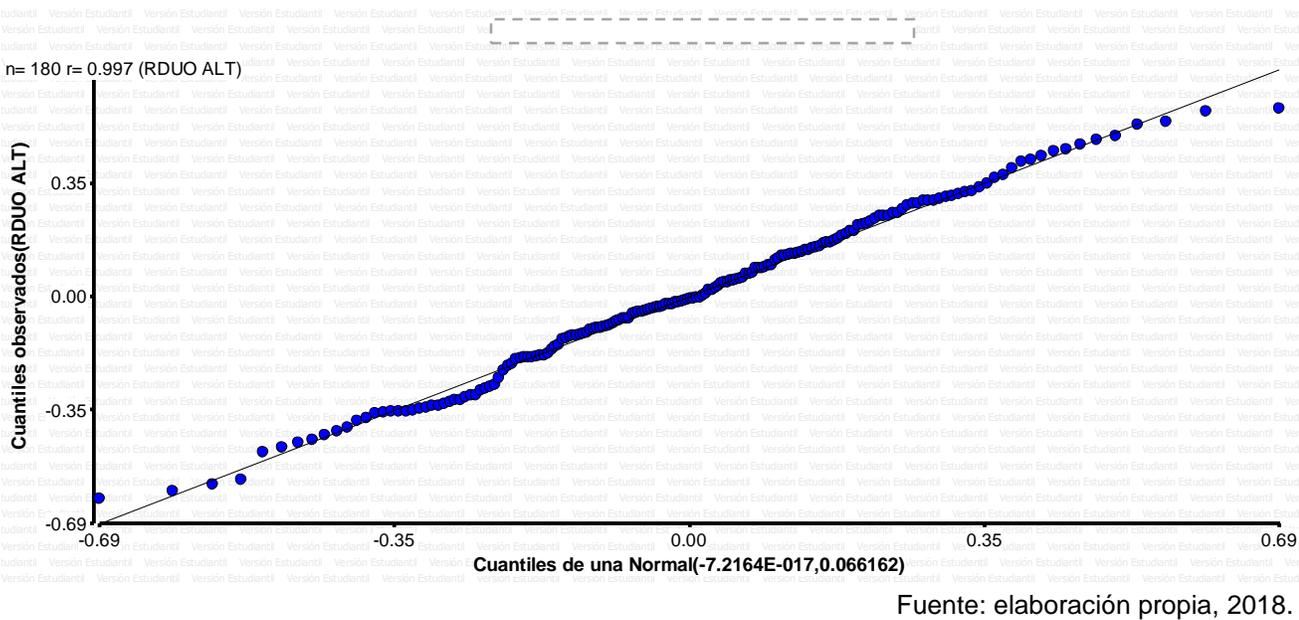
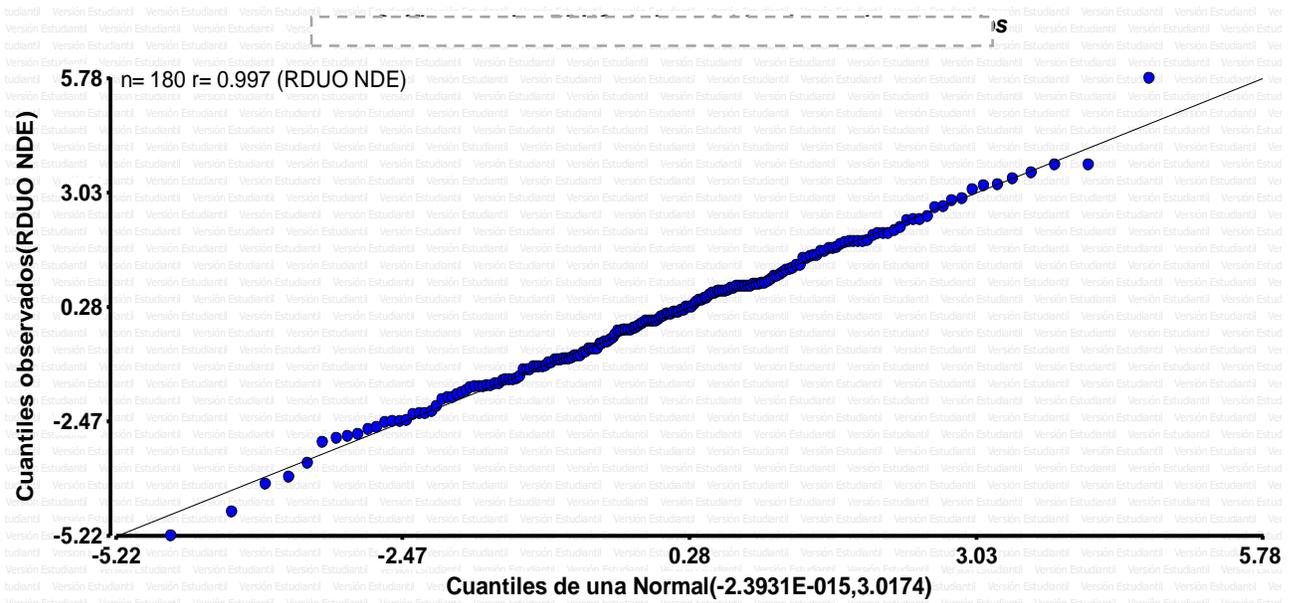
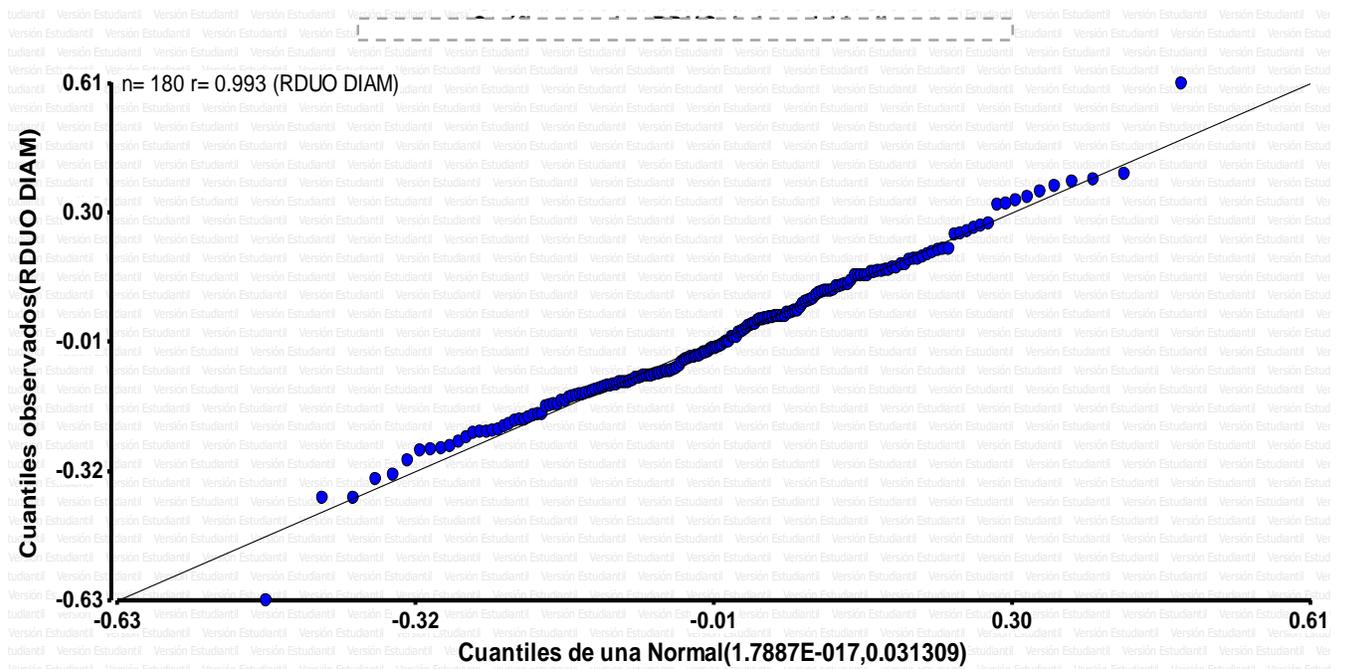


Figura 26A. Q-Q plot para los residuos de la variable altura.



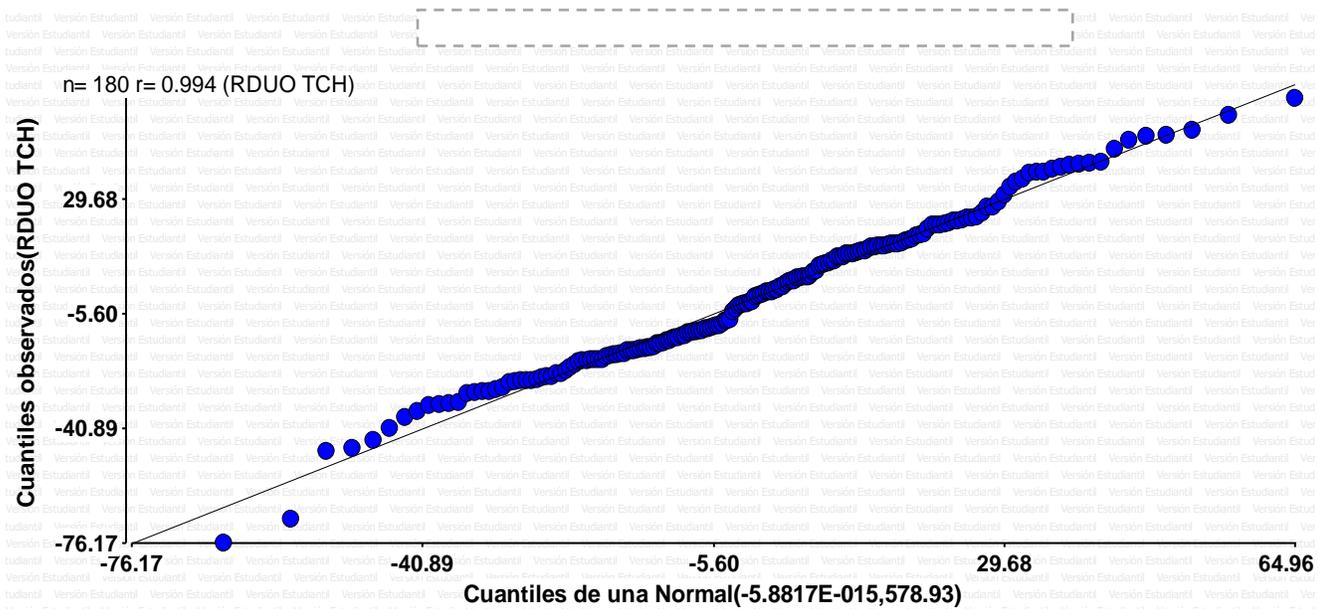
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 27A. Q-Q plot para los residuos de la variable número de entrenudos.



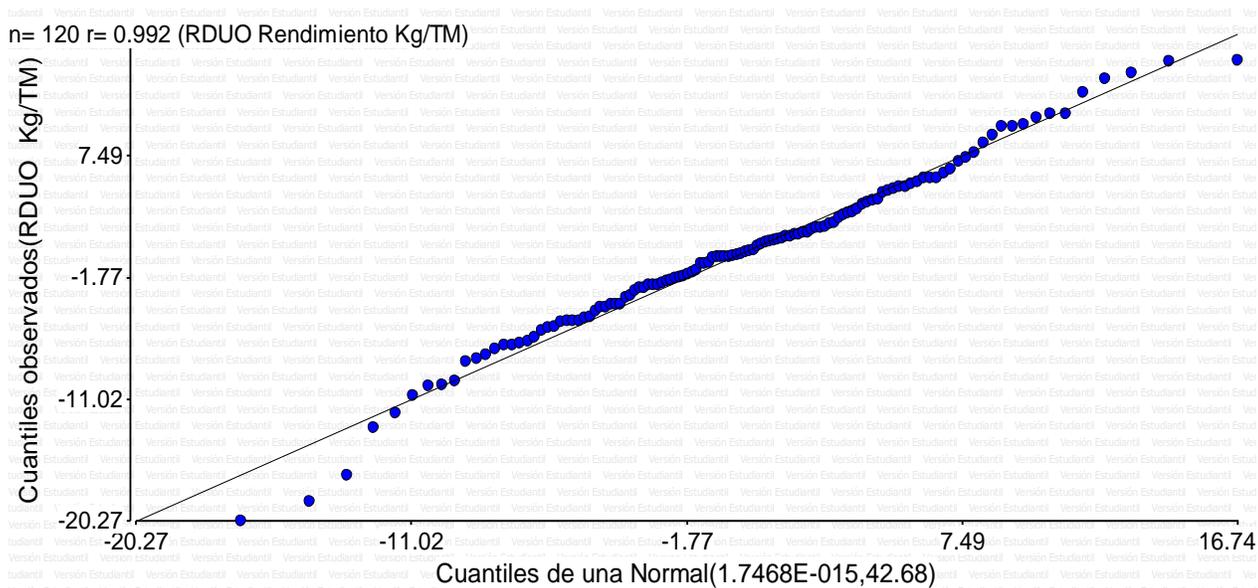
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 28A. Q-Q plot para los residuos de la variable diámetro.



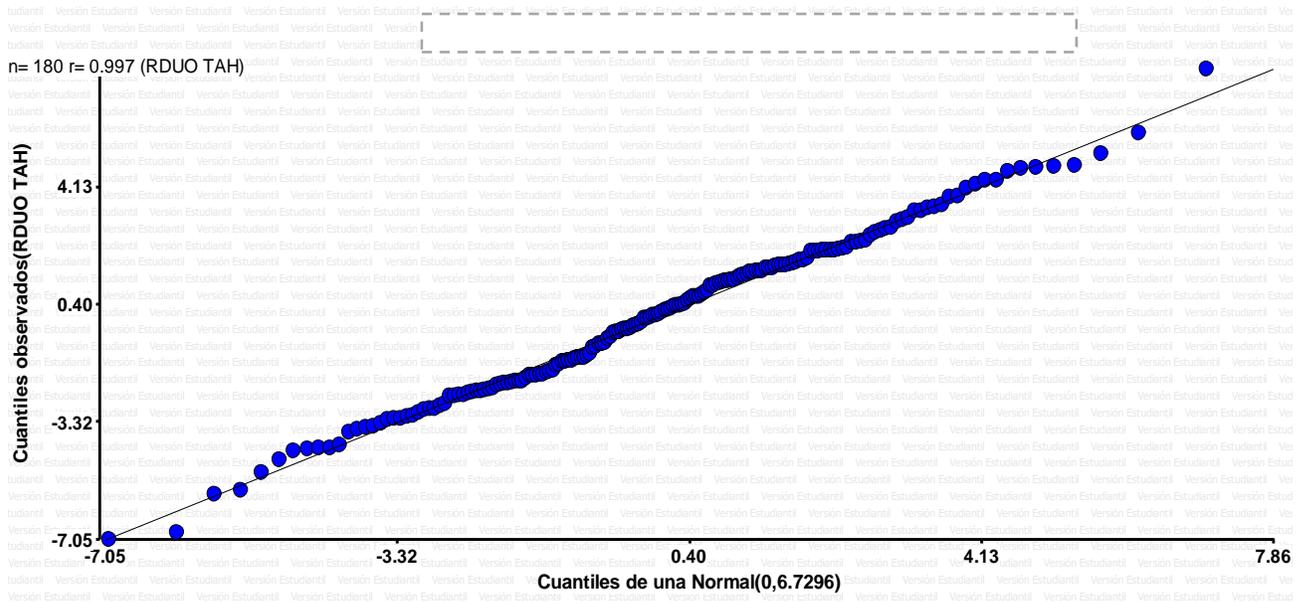
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 29A. Q-Q plot para los residuos de la variable TCH.



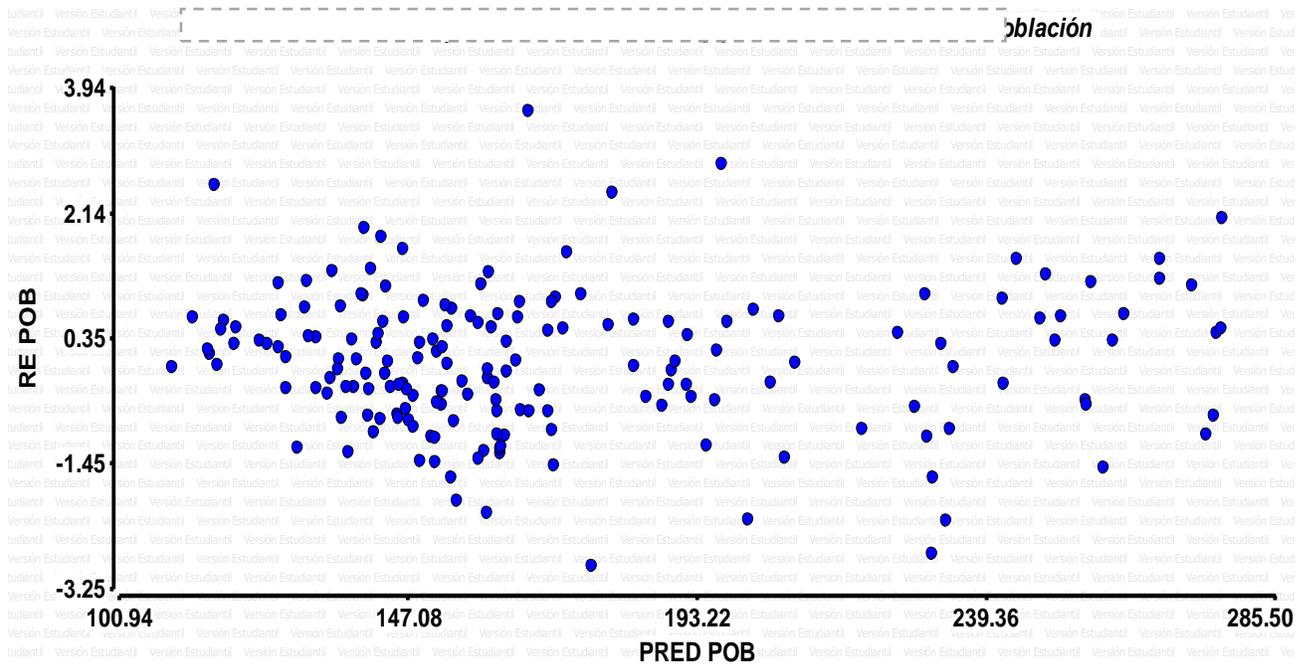
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30A. Q-Q plot para los residuos de la variable sacarosa (kg/Tm).



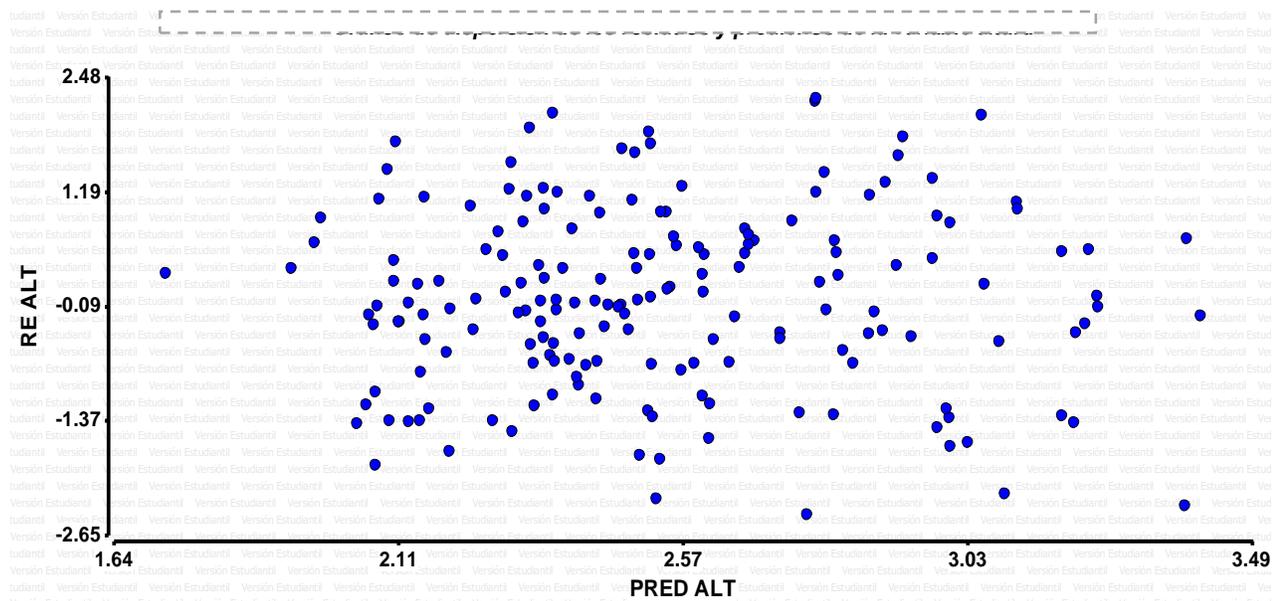
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31A. Q-Q plot para los residuos de la variable TAH.



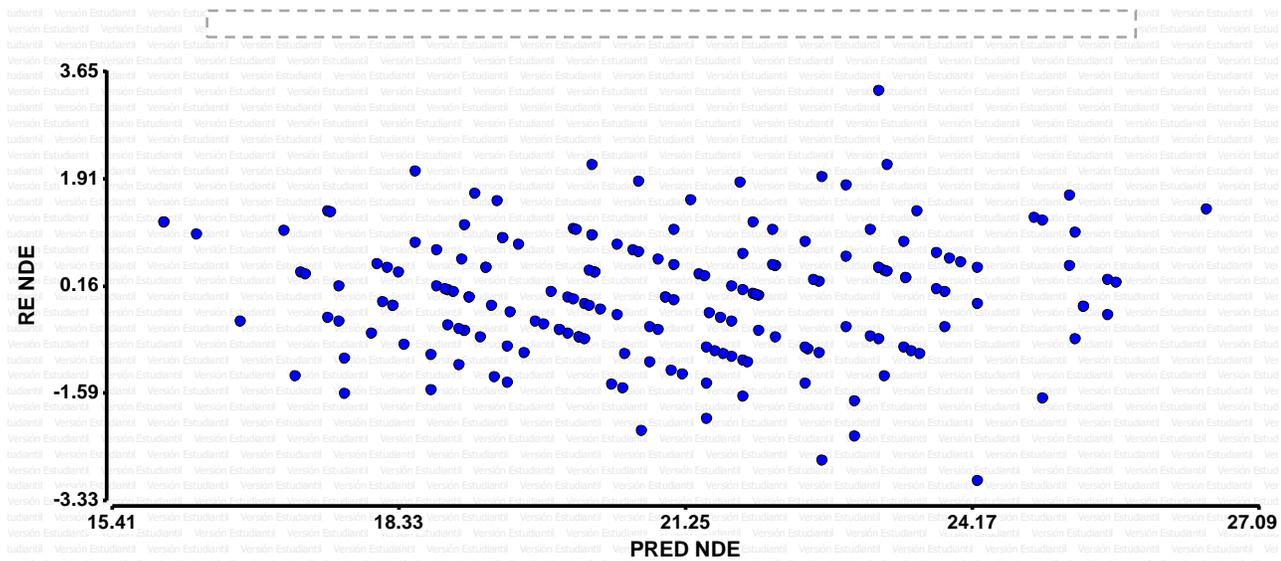
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable población.



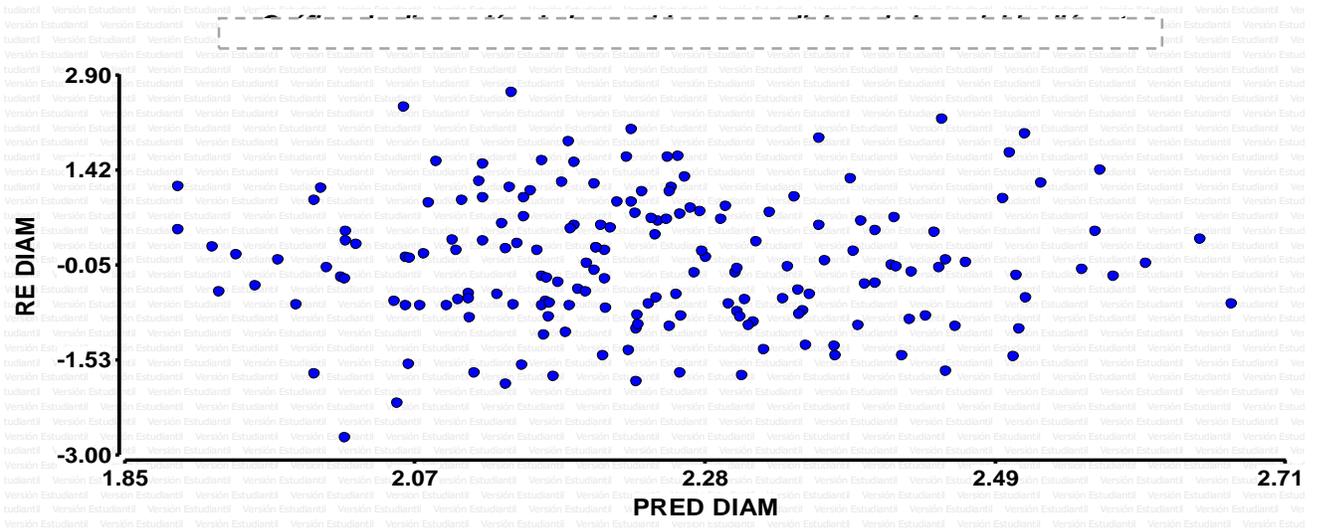
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 33A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable altura.



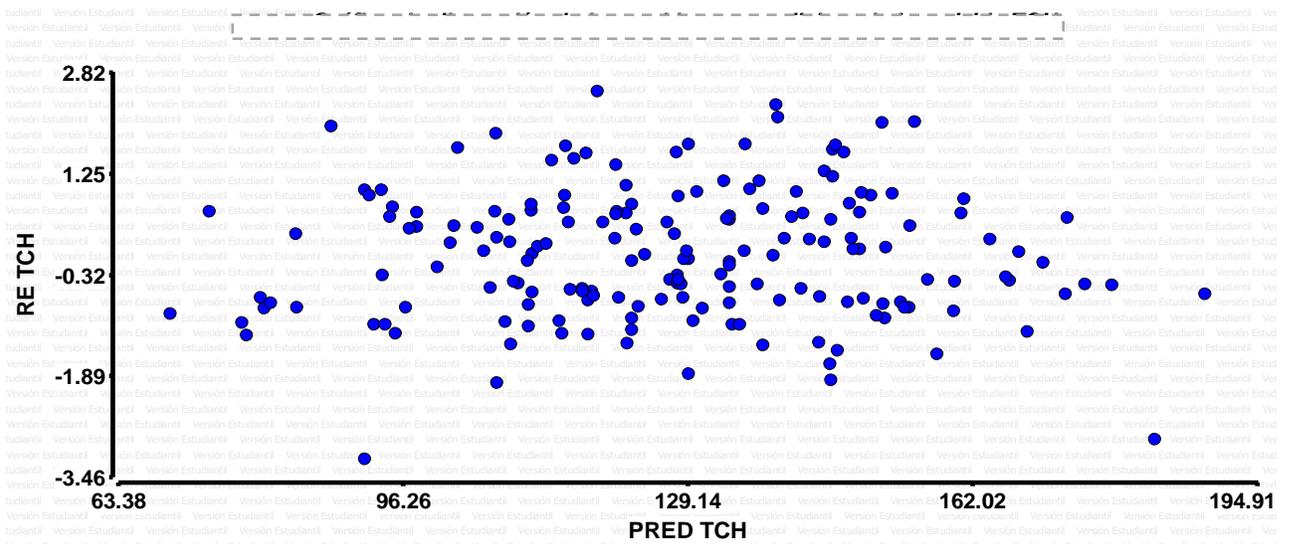
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable entrenudos.



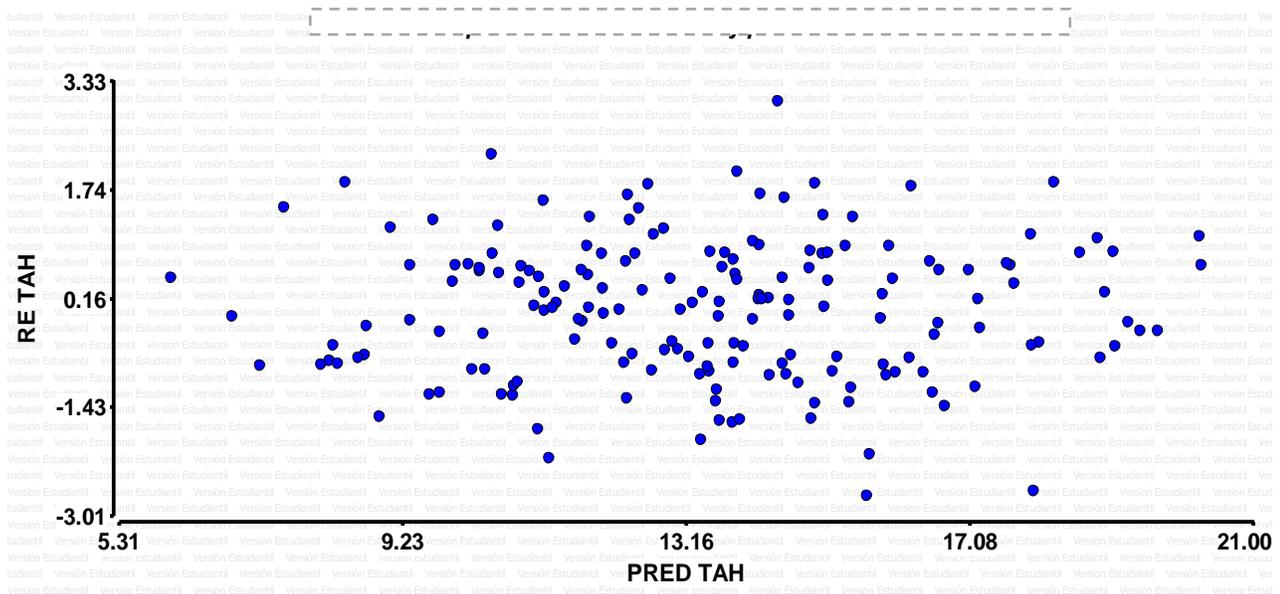
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable diámetro.



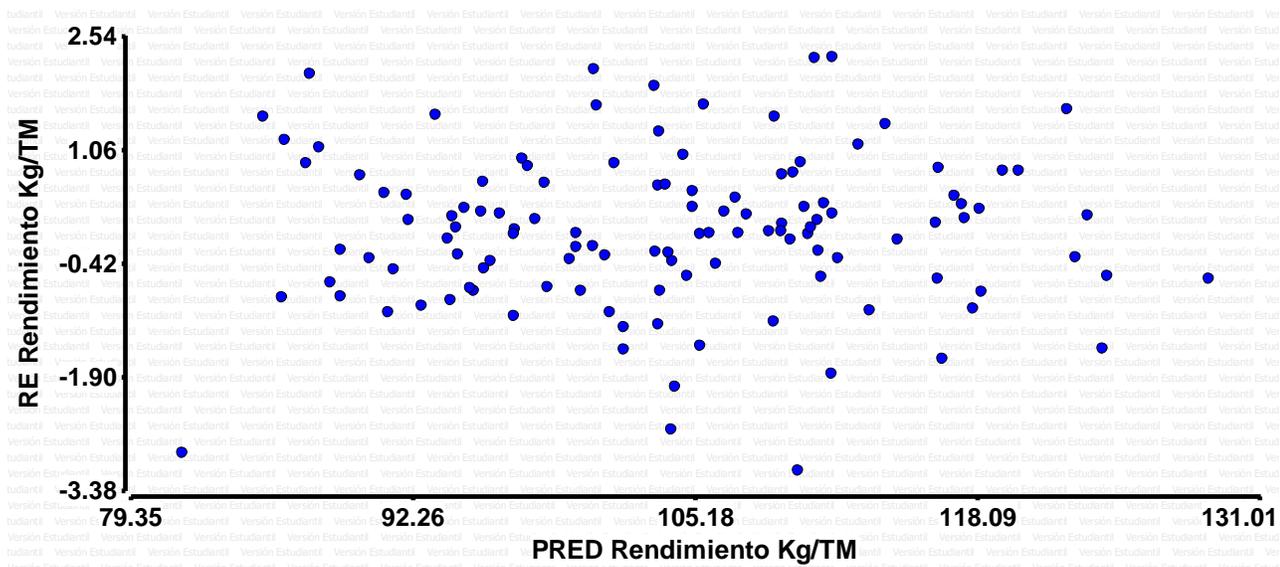
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 36A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable TCH.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 37A . Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable TAH.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 38A. Dispersión de los residuos estudentizados y predichos de la variable sacarosa (kg/Tm).

Cuadro 28A. Comportamiento de las variedades CG 02-163 y CP 02-1564 sobre los índices de desarrollo en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).

Tratamiento	Nivel			CG 02-163				CP 02-1564			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Población	Altura (m)	Diámetro de entrenudos (cm)	Número de entrenudos	Población	Altura (m)	Diámetro de entrenudos (cm)	Número de entrenudos
1	0	100	120	188	2.15	2.11	19	176	2.43	2.45	20
2	60	100	120	160	2.2	2.12	20	209	2.58	2.34	20
3	120	100	120	164	2.08	2.06	20	159	2.3	2.29	20
4	180	100	120	190	2.44	2.02	22	188	2.58	2.34	22
5	60	100	0	213	2.6	2.14	21	198	2.3	2.42	19
6	60	100	60	197	2.54	2.14	21	160	2.28	2.23	18
7	60	100	180	173	2.34	2.06	19	160	2.33	2.23	20
8	120	100	0	220	2.32	2.02	20	188	2.14	2.27	19
9	120	100	60	172	2.37	2.13	20	179	2.18	2.33	19
10	120	100	180	173	2.84	2.12	23	187	2.35	2.35	19
11	0	100	0	214	2.82	2.21	22	156	2.5	2.24	20
12	0	0	0	182	2.57	2.16	20	196	2.44	2.38	20
Promedio				187	2.44	2.11	20	180	2.37	2.32	20

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 29A. Comportamiento de las variedades CP 72-2086 y RB 84-5210 sobre los índices de desarrollo en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).

Tratamiento	Nivel			CP 72-2086				RB 84-5210			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Población	Altura (m)	Diámetro de entrenudos (cm)	Número de entrenudos	Población	Altura (m)	Diámetro de entrenudos (cm)	Número de entrenudos
1	0	100	120	157	2.37	2.38	20	160	3.02	2.27	23
2	60	100	120	150	2.28	2.16	21	140	2.84	2.39	25
3	120	100	120	153	2.22	2.23	18	125	2.35	2.25	21
4	180	100	120	156	2.4	2.28	21	168	2.66	2.28	21
5	60	100	0	140	2.31	2.25	21	141	2.39	2.26	22
6	60	100	60	179	2.55	2.43	22	138	2.46	2.09	20
7	60	100	180	141	1.89	2.08	18	133	2.55	2.42	22
8	120	100	0	149	2.31	2.17	19	157	2.84	2.34	23
9	120	100	60	151	2.26	2.31	20	192	2.85	2.26	23
10	120	100	180	166	2.27	2.28	18	169	2.78	2.32	22
11	0	100	0	152	2.45	2.32	21	167	2.62	2.15	22
12	0	0	0	148	2.33	2.06	20	144	2.61	2.17	22
Promedio				154	2.30	2.25	20	153	2.66	2.27	22

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 30A. Comportamiento de la variedad SP 83-2847 sobre los índices de desarrollo en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).

Tratamiento	Nivel			SP 83-28 47			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Población	Altura (m)	Diámetro de entrenudos (cm)	Número de entrenudos
1	0	100	120	195	3.04	2.43	22
2	60	100	120	155	2.49	2.16	21
3	120	100	120	197	2.85	2.19	22
4	180	100	120	192	2.7	2.11	20
5	60	100	0	162	2.88	2.34	22
6	60	100	60	179	3.13	2.38	25
7	60	100	180	191	2.87	2.32	22
8	120	100	0	197	2.81	2.21	21
9	120	100	60	178	2.98	2.25	23
10	120	100	180	190	3.14	2.19	25
11	0	100	0	181	2.77	2.17	23
12	0	0	0	175	3.33	2.19	25
Promedio				183	2.92	2.25	23

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 31A. Análisis de varianza para la variable población en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	321236.4	69	4655.6	6.65	<0.0001	
VAR	44414.52	4	11103.63	0.41	0.7995	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	218584.2	8	27323.02	39.04	<0.0001	
Fertilización	8722.73	11	792.98	1.13	0.3429	
Fertilización*VAR	37896.41	44	861.28	1.23	0.1928	
BLOQUE	11618.54	2	5809.27	8.3	0.0004	
Error	76982.61	110	699.84			
Total	398219	179				

. Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 32A. Análisis de varianza para la variable altura en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	20.87	69	0.3	2.81	<0.0001	
VAR	8.9	4	2.23	5.65	0.0184	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	3.15	8	0.39	3.66	0.0008	
Fertilización	1.51	11	0.14	1.27	0.25	
Fertilización*VAR	4.94	44	0.11	1.04	0.419	
BLOQUE	2.37	2	1.18	10.99	<0.0001	
Error	11.84	110	0.11			
Total	32.71	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 33A. Análisis de varianza para la variable número de entrenudos en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	912.75	69	13.23	2.69	<0.0001	
VAR	252.22	4	63.06	1.69	0.2434	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	297.68	8	37.21	7.58	<0.0001	
Fertilización	46.73	11	4.25	0.87	0.5763	
Fertilización *VAR	263.91	44	6	1.22	0.2012	
BLOQUE	52.21	2	26.11	5.32	0.0062	
Error	540.11	110	4.91			
Total	1452.86	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 34A. Análisis de varianza para la variable diámetro de entrenudos en la etapa de maduración (265 días después de la siembra).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	4.6	69	0.07	2.28	0.0001	
VAR	1.03	4	0.26	1.62	0.2608	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	1.27	8	0.16	5.43	<0.0001	
Fertilización	0.27	11	0.02	0.84	0.5976	
Fertilización*VAR	1.11	44	0.03	0.87	0.7017	
BLOQUE	0.92	2	0.46	15.72	<0.0001	
Error	3.22	110	0.03			
Total	7.82	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 35A. Análisis de varianza para la variable población en la etapa de macollamiento (53 días después de la siembra).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	142635.1	69	2067.18	3.12	<0.0001	
VAR	67840.48	4	16960.12	3.03	0.0851	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	44746.09	8	5593.26	8.44	<0.0001	
N Y K	9694.78	11	881.34	1.33	0.218	
N Y K*VAR	19714.06	44	448.05	0.68	0.9288	
BLOQUE	639.74	2	319.87	0.48	0.6186	
Error	72940.83	110	663.1			
Total	215576	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 36A. Análisis de varianza para la variable población en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	120027.3	69	1739.53	4.17	<0.0001	
VAR	61970.86	4	15492.71	3.33	0.0693	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	37202.31	8	4650.29	11.15	<0.0001	
N Y K	4256.98	11	387	0.93	0.5166	
N Y K*VAR	13522.08	44	307.32	0.74	0.8734	
BLOQUE	3075.08	2	1537.54	3.69	0.0282	
Error	45875.28	110	417.05			
Total	165902.6	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 37A. Análisis de varianza para la variable altura en la etapa de macollamiento (53 días después de la siembra).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0.2783	69	0.004	4.2563	<0.0001	
VAR	0.2097	4	0.0524	13.1317	0.068	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	0.0319	8	0.004	4.2139	0.0002	
N Y K	0.0034	11	0.0003	0.3217	0.9797	
N Y K*VAR	0.0253	44	0.0006	0.6065	0.9688	
BLOQUE	0.008	2	0.004	4.2022	0.0174	
Error	0.1042	110	0.0009			
Total	0.3825	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 38A. Análisis de varianza para la variable altura en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	5.13	69	0.07	1.9	0.0013	
VAR	2.59	4	0.65	7.52	0.0734	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	0.69	8	0.09	2.2	0.0327	
N Y K	0.3	11	0.03	0.7	0.7364	
N Y K*VAR	1.32	44	0.03	0.77	0.8376	
BLOQUE	0.23	2	0.12	2.99	0.0543	
Error	4.3	110	0.04			
Total	9.44	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 39A. Análisis de varianza para la variable número de entrenudos en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	266.49	69	3.86	1.75	0.0044	
VAR	78.93	4	19.73	1.83	0.2169	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	86.38	8	10.8	4.89	<0.0001	
N Y K	18.87	11	1.72	0.78	0.6624	
N Y K*VAR	74.57	44	1.69	0.77	0.8388	
BLOQUE	7.74	2	3.87	1.75	0.1783	
Error	242.95	110	2.21			
Total	509.44	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 40A. Análisis de varianza para la variable diámetro en la etapa de elongación (131 días después de la siembra).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	5.73039	69	0.08305	1.97871	0.0007	
VAR	1.79577	4	0.44894	2.57767	0.1185	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	1.39333	8	0.17417	4.14965	0.0002	
N Y K	0.4184	11	0.03804	0.90626	0.537	
N Y K*VAR	2.12286	44	0.04825	1.14952	0.277	
BLOQUE	0.00003	2	0.00002	0.00037	0.9996	
Error	4.61684	110	0.04197			
Total	10.34723	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 41A. Rendimiento de toneladas de caña por hectárea de las 5 variedades.

Tratamiento	Nivel			CG 02-163	CP 02-1564	CP72-2086	RB 84-5210	SP 83-2847
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	TCH	TCH	TCH	TCH	TCH
1	0	100	120	111.02	150.31	124	153.86	138.84
2	60	100	120	105.51	162.58	107.11	116.98	107.55
3	120	100	120	119.47	125.6	112	112.8	133.6
4	180	100	120	157.51	144.36	129.87	110.67	150.49
5	60	100	0	143.91	157.42	112.89	113.24	135.11
6	60	100	60	139.2	106.4	112.98	111.2	156.89
7	60	100	180	120	133.69	92.98	102.31	148.18
8	120	100	0	107.82	119.56	129.91	140	102.84
9	120	100	60	118.76	122.22	103.02	148	131.74
10	120	100	180	132.44	118.05	113.33	135.11	138.93
11	0	100	0	147.02	138.58	114.22	113.96	120.53
12	0	0	0	125.95	152.71	140.27	124.8	145.24
Promedio				127.38	135.96	116.05	123.58	134.16

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 42A. Análisis de varianza para la variable toneladas de caña por hectárea (TCH).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	100778	69	1460.55	1.55	0.0199	
VAR	9446.52	4	2361.63	0.53	0.7179	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	35664.82	8	4458.1	4.73	0.0001	
Fertilización	8348.42	11	758.95	0.81	0.6343	
Fertilización*VAR	35125.33	44	798.3	0.85	0.7291	
BLOQUE	12192.9	2	6096.45	6.47	0.0022	
Error	103629.02	110	942.08			
Total	204407.02	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 43A. Concentración de sacarosa (kg/Tm) de las 5 variedades.

Tratamiento	Nivel			CG 02-163	CP 02-1564	CP72-2086	RB 84-5210	SP 83-2847
	N	P₂O₅	K₂O	Kg/Tm	Kg/Tm	Kg/Tm	Kg/Tm	Kg/Tm
1	0	100	120	102.7	107.21	113.2	98.96	108.76
2	60	100	120	102.53	100.97	100.48	101.03	103.96
3	120	100	120	110.05	100.65	100.33	102.01	98.3
4	180	100	120	114.91	92.07	99.19	102.46	107.7
5	60	100	0	109.38	99.33	106.64	103.9	107.39
6	60	100	60	110.84	108.33	102.84	107.06	101.96
7	60	100	180	96.86	112.78	95.61	101.58	99.85
8	120	100	0	103.63	114.2	100.76	95.94	102.15
9	120	100	60	108.91	113.67	94.02	102.44	102.44
10	120	100	180	108.45	110.15	108.82	103.86	105.72
11	0	100	0	121.12	114	107.93	98.26	101.47
12	0	0	0	109.51	105.78	89.25	105.93	103.54
Promedio				108.24	106.60	101.59	101.95	103.60

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 44A. Análisis de varianza para la variable concentración de sacarosa (kg/Tm).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	19335.78	69	280.23	4.33	<0.0001	
VAR	1227.44	4	306.86	0.31	0.8637	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	7923.27	8	990.41	15.31	<0.0001	
Fertilización	888.18	11	80.74	1.25	0.2647	
Fertilización*VAR	4272.02	44	97.09	1.5	0.065	
BLOQUE	5024.86	2	2512.43	38.83	<0.0001	
Error	7117.96	110	64.71			
Total	26453.74	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 45A. Toneladas de azúcar por hectárea (TAH) de las cinco variedades.

Tratamiento	Nivel			CG 02-163	CP 02-1564	CP72-2086	RB 84-5210	SP 83-2847
	N	P₂O₅	K₂O	TAH	TAH	TAH	TAH	TAH
1	0	100	120	11.37	16.59	14.08	15.24	15.26
2	60	100	120	11.92	15.51	10.55	11.61	14.37
3	120	100	120	12.64	12.92	11.29	11.17	13.14
4	180	100	120	18.04	13.34	13.15	11	16.48
5	60	100	0	15.99	16.35	12.03	11.81	16.17
6	60	100	60	15.4	15.97	11.69	11.51	14.91
7	60	100	180	11.11	11.78	8.98	10.16	11.03
8	120	100	0	11.41	13.64	13.33	13.36	16.06
9	120	100	60	13.11	13.98	9.83	15.27	13.46
10	120	100	180	14.41	13.43	12.7	13.95	14.81
11	0	100	0	18	15.79	12.29	11.11	12.33
12	0	0	0	13.44	16	12.29	13.19	15.14
Promedio				13.90	14.61	11.85	12.45	14.43

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 46A. Análisis de varianza para la variable toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1562.35	69	22.64	2.07	0.0003	
VAR	218.38	4	54.59	0.86	0.5267	(VAR*BLOQUE)
VAR*BLOQUE	507.75	8	63.47	5.8	<0.0001	
Fertilización	115.17	11	10.47	0.96	0.4906	
fertilización*VAR	431.7	44	9.81	0.9	0.6534	
BLOQUE	289.36	2	144.68	13.21	<0.0001	
Error	1204.61	110	10.95			
Total	2766.96	179				

Fuente: elaboración propia, 2018.



Fuente: Departamento de investigación, Ingenio Magdalena, 2018.

Figura 39A. Mapa de localización de las vetas de arena.



CAPÍTULO III

PROYECTOS PROFESIONALES REALIZADOS.

3.1 Presentación

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía y en respuesta a los requerimientos del departamento de Campo del Ingenio Magdalena, se planificaron y ejecutaron investigaciones durante el período de febrero a noviembre 2018:

1. Evaluación de la eficiencia de control de malezas en pre emergencia de herbicidas con el mismo ingrediente activo de distintas casas comerciales.
2. Evaluación de las familias químicas Glicinas, Triazinas y Traizolinona en post emergencia para el control de malezas.
3. Determinación de los Grados Brix y clorofila a los 31 días después de la aplicación foliar de micronutrientes.
4. Mapeo de los puntos de bombeo superficiales, pozos mecánicos y tapas de nivel freático de la región Central Norte.

Los informes de los proyectos se incluyen en los anexos 1, 2, 3 y 4

3.2 Anexo 1 del capítulo III. Evaluación de la eficiencia de control de malezas en pre emergencia de herbicidas con el mismo ingrediente activo de distintas casas comerciales.

1. Introducción

Los herbicidas son sustancias químicas utilizadas para el control de malezas en post emergencia y/o pre emergencia. Su composición básica está constituida por dos factores: el principio activo que es la molécula química activa que ataca la maleza y los ingredientes inertes constituidos por coadyuvantes y solventes cuyas propiedades son capaces de mejorar la actividad del ingrediente activo. Cada casa comercial al elaborar herbicidas genéricos utiliza el mismo ingrediente activo sin embargo el ingrediente inerte es propio de cada una.

Muchas veces se desconoce el ingrediente inerte utilizado por la casa comercial; para comprobar si los ingredientes inertes tienen un efecto sinérgico en el control de malezas en pre emergencia utilizando herbicidas de diferentes casas comerciales con el mismo ingrediente activo, se ejecutó el presente ensayo en el lote 0100317 de la Finca Velásquez en Siquinala, Escuintla, la cual está bajo la administración del Ingenio Magdalena. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 11 tratamientos y 4 repeticiones obteniendo como resultado de que no existe una diferencia en cuanto al control de las malezas con los diferentes herbicidas evaluados; por lo tanto, no se aprecia un efecto significativo entre el ingrediente activo e inerte.

2. Objetivo

Comparar el efecto entre herbicidas con el mismo ingrediente activo y distintos productos inertes provenientes de diferentes casas comerciales.

3. Marco teórico

3.1 Herbicidas

Los herbicidas son sustancias que pueden eliminar una serie de especies vegetales que se consideran indeseables. Los herbicidas constan de dos partes en su formulación:

- **Ingrediente activo:** químicos encargados del control de las malezas (Suzuki 2015).
- **Ingredientes inertes:** su información comercial es confidencial debido a que son sustancias agregadas por la empresa que realiza los herbicidas, el uso de ingredientes inertes diferentes causa que su efectividad sea menor o mayor (Suzuki 2015).

Por su elaboración en el mercado existen herbicidas originales y genéricos, todas las formulaciones genéricas tienen el mismo ingrediente activo, pero los ingredientes inertes pueden ser diferentes; sin embargo, las casas formuladoras no están obligadas a indicar en la etiqueta los componentes inertes. En ocasiones, el uso de ingredientes inertes diferentes causa que su efectividad sea menor o mayor (Suzuki, 2015). Los ingredientes Inertes se dividen en coadyuvantes y solventes (Suzuki, 2015).

- **Solventes:** Los solventes tienen la función de diluir el principio activo haciendo más fácil la aplicación y estos no tienen ninguna acción contra la maleza (Arrospide 2004).
- **Coadyuvantes:** Suzuki (2015) señala que los coadyuvantes son productos químicos que presentan una o más propiedades adherentes humectantes (surfactantes), correctoras de pH, potenciadoras de herbicidas, antiespumantes, secuestrantes, antiderivas, etc. Se clasifican en:

- **Activadores:** Su modo de acción consiste en reducir la tensión superficial de las gotas de la aspersión. Esto permite aplanar la gota y que se extienda sobre un área mayor de la hoja (INTAGRI S.C. 2015).
- **Utilitarios:** Mediante la quelatación atrapan los iones disueltos de aguas cuya dureza es alta total o parcial y mantienen o prolongan la estabilidad de un pesticida modificando el pH final de la solución de pulverización (INTAGRI S.C. 2015).

Minimizan la deriva de las aspersiones foliares de plaguicidas y tiene como objetivo evitar aplicaciones en áreas aledañas al cultivo, según NTAGRI S.C. (2015).

4. Metodología

En el cuadro 47 se describen los tratamientos utilizados en la investigación.

Cuadro 47. Descripción de los tratamientos utilizados en pre emergencia.

Tratamiento	Producto	Ingrediente activo	Casa Comercial	Maleza que controla	Dosis (hectárea)	Dosis 10 l de mezcla (ml / g)
T1	Merlin Total	Indaziflam + Isoxaflutole 60 EC	Bayer	Hoja ancha y hoja angosta	200 ml	10
T2	Merlin	Isoxaflutole 75 WG	Foragro	Hoja ancha y hoja angosta	115 g	5.75 g
T3	Merlin	Isoxaflutole 75 WG	Rainbow	Hoja ancha y hoja angosta	115 g	5.75 g
T4	Dinamic	Amicarbazone 70WG	Arysta	Hoja angosta y ancha, anuales, bianuales, perennes y arbustivas propagadas por semilla durante la germinación	1 kg	50 g
T5	Volcano	Amicarbazone 70WG	Foragro	Hoja ancha y hoja angosta	1 kg	50 g
T6	Harness	Acetoclor 90 EC	Monsanto	Hoja ancha y hoja angosta	3 l	150 ml
T7	Acetofor	Acetoclor 90 EC	Foragro	Hoja ancha y hoja angosta	3 l	150 ml
T8	Acetomax	Acetoclor 90 EC	Rainbow	Hoja ancha y hoja angosta	3 l	150 ml
T9	Zafrero	Ametrina 50 SC	Agrocentro	Gramíneas y de hoja ancha. no controla Rottboellia	2.5 l	150 ml
T10	Amepax	Ametrina 50 WG	Rainbow	Hoja ancha y hoja angosta	2.5 l	150 ml

Fuente: elaboración propia, 2018.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 11 tratamientos y 4 repeticiones, con 44 unidades experimentales, cada unidad experimental se constituyó en parcelas de 10 m de largo por 10 m de ancho. Se evaluaron distintos productos con el mismo ingrediente activo y diferentes ingredientes inertes en cuanto al control de las malezas, la aplicación de los tratamientos (cuadro 47) fue a los 3 días después del paso de la rastra (figura 40).



Fuente: elaboración propia, 2018.

La aplicación fue dirigida al suelo con una bomba manual Protecno con capacidad de 17 l, utilizando un volumen de aplicación de 10 l por cada unidad experimental. Se utilizó 1 g/l de corrector de pH y dureza. Para obtener el porcentaje de control el cual es el porcentaje de suelo que no estaba cubierto por maleza a los 25 días después de la aplicación. Primero se determinó el porcentaje de cobertura que existía de cada maleza presenta en las unidades experimentales utilizando el método visual el cual consiste en colocar el porcentaje observado a criterio en una escala de 0 % a 100 % (figura 41).

Figura 40. Terreno después del paso de la rastra.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 41. Recorrido de cada unidad experimental para la colocación de porcentajes.

Luego se sumaba el porcentaje de cobertura de cada especie de maleza para obtener un total y se le restaba al 100 %. Para el análisis de los datos se agruparon los tratamientos en cuatro grupos de acuerdo al ingrediente activo (cuadro 48).

Cuadro 48. Tratamientos agrupados por ingrediente activo.

Grupo	Tratamientos	Ingrediente activo
1	T1,T2,T3	Izoxaflutole
2	T4,T5	Amicarbazone
3	T6,T7,T8	Acetoclor
4	T9,T10	Ametrina

Fuente: elaboración propia, 2018.

5. Resultados y discusión

Se realizó la verificación del cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza para cada uno de los datos obtenidos de los diferentes tratamientos, según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk los residuos se distribuyen normalmente en todos los tratamientos (valor de $p > 0.05$, cuadro 57A, 58A, 59A y 60A). Por lo cual no fue necesario la transformación de datos.

Se realizó un análisis de varianza por cada grupo para la variable porcentaje de control que se obtuvo para determinar si existía o no una diferencia significativa. En el cuadro 49 se observa que no existe una diferencia significativa en cuanto al porcentaje de control en los herbicidas que poseen como ingrediente activo Izoxaflutole (grupo 1) (p valor > 0.05). Lo que indica que se puede utilizar cualquiera de estos tres herbicidas que provienen de distinta casa comercial que daran el mismo resultado de control debido a que los distintos ingredietnes inertes utilizados por cada empresa no tuvieron efectos en el porcentaje de control.

Cuadro 49. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo Izoxaflutole (grupo1).

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	21119.83	5	423.97	2.3	0.1693
TRATAMIENTO	222.17	2	111.08	0.6	0.5769
Bloque	1897.67	3	632.56	3.44	0.0925
Error	1103.83	6	183.97		
Total	3223.67	11			

Las malezas que se encontraron en común en los tres tratamientos T1 (Merlin total 60 EC, Bayer), T2 (Merlin75 WG, Foragro) y T3 (Merlin 75 WG, Rainbow) se describen en el cuadro 50, las cuales no fueron controladas debido a que el ingrediente activo Izoxaflutole que es de la familia química Isoxazoles no controlan algunas Poaceas (*Rottboellia cochinchinensis*, *Cynodon dactylon*) y Ciperáceas (*Cyperus rotundus*) (Cengicaña 2103).

Cuadro 50. Malezas presentes en los tratamientos T1 (Merlin total 60 EC Bayer), T 2 (Merlin75 WG, Foragro) y T3 (Merlin 75 WG, Rainbow).

Nombre científico	Cobertura
<i>Cynodon dactylon</i>	26 %
<i>Cyperus rotundus</i>	20 %
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	20 %

No presentaron una diferencia significativa en cuanto el porcentaje de control (p valor > 0.05, cuadro 51). Los herbicidas que poseen como ingrediente activo Amicarbazone (grupo 2) lo que indica que se puede utilizar cualquiera de estos dos herbicidas que se obtendrá el

mismo resultado en cuanto al control ,debido a que los distintos ingredietnes inertes utilizados por cada casa comercial no tuvieron efectos en el porcentaje de control.

Cuadro 51. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo Amicarbazone (grupo2).

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	857.5	4	214.38	0.11	0.9692
TRATAMIENTO	36.13	1	36.13	0.02	0.8989
Bloque	821.38	3	273.79	0.14	0.9267
Error	5679.38	3	1893.13		
Total	6536.88	7			

La maleza que se hizo presente después de la aplicación en común en los tratamientos T4 (Dinamic 70 WG, Arysta) Y T5 (Volcano 70 WG, Foragro) pertenecientes al grupo 2 se describe en el cuadro 52 la cual no fue controlada debido a que *Cyperus rotundus* lo controlan solo las familias químicas de Benzoicos, Fenóxidos, Glicinas, Triazinas y Sulfonilureas (Cengicaña 2013).

Cuadro 52. Malezas presentes en los tratamientos T4 (Dinamic 70 WG Arysta) Y T5 (Volcano 70 WG Foragro).

Nombre científico	Cobertura
<i>Cyperus rotundus</i>	31 %

No existe una diferencia significativa en cuanto el porcentaje de control (p valor > 0.05 , cuadro 53) en los herbicidas que poseen como ingrediente activo Acetoclor (grupo 3) lo que indica que se puede utilizar cualquiera de estos tres herbicidas que se obtendra el mismo resultado en cuanto al control, debido a que los distintos ingredientes inertes utilizados por cada casa comercial no tuvieron efectos en el porcentaje de control.

Cuadro 53. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo Acetoclor (grupo3).

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	2198.44	5	439.69	0.72	0.6414
TRATAMIENTO	1416.15	2	708.08	1.16	0.4000
Bloque	782.29	3	260.76	0.43	0.7441
Error	2436.46	4	609.11		
Total	4634	9			

La maleza que se hizo presente después de la aplicación en común en los tratamientos T6 (Harness 90 EC, Monsanto), T7 (Acetofor 90 EC, Foragro) y T8 (Acetomax 90 EC, Rainbow) pertenecientes al grupo 3 se describe en el cuadro 54, la cual los Cloroacetamidas presentan un bajo control a la *Rotboellia cochinchinensis* (Cengicaña 2013). para lo cual las familias químicas que presentan mayor control a esta maleza son las Glicinas, Triazinas, Sulfonilureas y Ureas sustituidas (Cengicaña 2013).

Cuadro 54. Malezas presentes en los tratamientos T6 (Harness 90 EC Monsanto), T7 (Acetofor 90 EC Foragro) y T8 (Acetomax 90 EC Rainbow).

Nombre científico	Cobertura
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	50 %

No existe una diferencia significativa en cuanto el porcentaje de control (p valor > 0.05 , cuadro 55) en los herbicidas que poseen como ingrediente activo Ametrina (grupo 4) lo que indica que se puede utilizar cualquiera de estos tres herbicidas que se obtendra el mismo resultado en cuanto al control, debido a que los distintos ingredientes inertes utilizados por cada casa comercial no tuvieron efectos en el porcentaje de control.

Cuadro 55. Análisis de la varianza para la variable porcentaje de control de los herbicidas que poseen como ingrediente activo la Ametrina (grupo4).

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	2187.5	4	546.88	1.11	0.4867
TRATAMIENTO	153.13	1	153.13	0.31	0.6168
Bloque	2034.38	3	678.13	1.37	0.4009
Error	1484.38	3	494.79		
Total	3671.88	7			

La maleza que se hizo presente después de la aplicación en común en los tratamientos T9 (Zafrero 50 SC, Agrocentro) y T10 (Amepax 50 WG, Rainbow) fue *Phyllodendrom* sp. (cuadro 56), la cual no se tiene registrado un producto que realice un control total. Efectos parciales se han encontrado con la aplicación en pos emergencia de los herbicidas

correspondientes a las familias químicas: Ácido piridino-carboxílicos, Benzoicos, Fenólicos y Pyrimidiandionas (Cengicaña 2013).

Cuadro 56. Maleza presente en los tratamientos T9 (Zafrero 50 SC Agrocentro) y T10 (Amepax 50 WG Rainbow).

Nombre Científico	Cobertura
<i>Phyllodendrom</i> sp.	50 %

6. Conclusiones

No se obtuvo una diferencia significativa en cuanto al porcentaje de control en los herbicidas que poseen como ingrediente activo Izoxaflutole (T1, T2 y T3), Amicarbazone (T4 y T5), Acetoclor (T6, T7 y T8), Ametrina (T9 y T10) lo que indica que las utilizaciones de los distintos ingredientes inertes no tienen un efecto sinérgico con el ingrediente activo.

7. Bibliografía

1. Arrospide, Argentina. 2004. Los coadyuvantes (en línea). Argentina. Consultado 10 nov. 2018. Disponible en <http://www.labza.com.ar/descargas/Coadyuvantes.pdf>
2. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala (en línea). Consultado 7 oct. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101640359.pdf>
3. INTAGRI, México. 2015. Coadyuvantes para potencializar el rendimiento de los plaguicidas (en línea). México. Consultado 10 nov. 2018.

<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/coadyuvantes-para-potencializar-el-rendimiento-de-los-plaguicidas>

4. Suzuki, M. 2015. El uso de adyuvantes en las aplicaciones de herbicidas (en línea). Guatemala, ATAGUA. Consultado 10 nov. 2018. Disponible en <https://www.atagua.org/web2/wp-content/uploads/2015/09/A-El-uso-de-adyuvantes-en-aplicaciones-de-herbicidas.-M.-Suzuki.pdf>.

8. Anexos

Cuadro 57A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Izoxaflutole (grupo1).

Variable	N	Media	D.E	W	P valor
RDUO % de Control	12	44.83	17.12	0.95	0.7346

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 58A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Amicarbazone (grupo2).

Variable	N	Media	D.E	W	P valor
RDUO % de Control	8	56.88	30.56	0.85	0.1492

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 59A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Acetoclor (grupo3).

Variable	N	Media	D.E	W	P valor
RDUO % de Control	10	44.1	22.69	0.89	0.268

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 60A. Prueba de normalidad de los residuos de la variable porcentaje de control de los herbicidas con el ingrediente activo Ametrina (grupo4).

Variable	N	Media	D.E	W	P valor
RDUO % de Control	8	49.38	22.9	0.97	0.9082

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 61A. Resultados de la aplicación de los tratamientos a los 25 días.

Resumen Fotográfico de los Resultados a los 23 días después de la aplicación					
Tratamiento	Imagen	Tratamiento	Imagen	Tratamiento	Imagen
T1 T1(Merlin total Bayer)		T2(Merlin Foragro)		T3(Merlin Rainbow)	
T4(Dinamic Arysta)		T5(Volcano Foragro)		T6(Harness Monsanto)	
T7(Acetofofor Foragro)		T8(Acetmoax Rainbow)		T9 (Zafretero Agrocentro)	
Testigo					

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.3 Anexo 2 del capítulo III. Evaluación de las familias químicas Glicinas, Triazinas y Traizolinona en post emergencia para el control de malezas.

1. Introducción

Existen diversos factores que pueden afectar de manera negativa a la producción en el cultivo de la caña de azúcar entre los cuales están las variedades, enfermedades, plagas y malezas, factores edáficos y climáticos. Uno de los factores más importantes que se ha visto a lo largo de los años son las malezas debido a que compiten por recursos tales como absorción de nutrientes, agua y luz con el cultivo.

En el cultivo de la caña de azúcar los primeros cuatro meses las malezas generan una competencia significativa con el cultivo debido que en este lapso la maleza puede causar pérdidas en el rendimiento. En estos meses existen diferentes prácticas para controlarla tales como las aplicaciones en pre emergencia de herbicidas que se debe realizar de 5 a 6 días después de la plantación de la semilla (caña plantía) o después del corte (caña soca) y las aplicaciones de post emergencia de herbicidas, las cuales se realizan a los 30 a 40 días dependiendo de la emergencia de las malezas, los labores del control de las malezas representan el veinte por ciento del presupuesto establecido en campo por lo cual se busca disminuir el costo en control evaluando diferentes herbicidas que garanticen un control a bajos costos.

El ensayo se estableció en el lote 0100317 de la finca Velásquez la cual está bajo la administración del Ingenio Magdalena, la finca se encuentra ubicada entre el municipio de Siquinala del departamento de Escuintla. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones obteniendo como resultado que las Glicinas presentaron un mayor porcentaje de control de malezas que las Triazinas y Triazolinonas a los 14 días después de su aplicación.

2. Objetivo

Establecer si existe diferencia en la utilización de diferentes ingredientes activos en post emergencia.

3. Marco teórico

3.1 Maleza

Existen diversas definiciones sobre lo que es una maleza y una de las más aceptadas y utilizadas es la de Rodriguez (1998) que define a la maleza como un término genérico antropológico que califica o agrupa a las plantas que en algún momento o lugar específico y en un número determinado resultan molestas, perjudiciales o indeseables en los cultivos o en cualquier otra área o actividad realizada por el hombre.

La maleza puede ser controlada en forma mecánica, cultural, biológica o química. El control químico de la maleza se realiza por medio de la aplicación de herbicidas y es una de las principales herramientas en la agricultura. Sin embargo, el uso de herbicidas requiere de conocimientos técnicos para la elección correcta y aplicación eficiente y oportuna de estos productos (Anderson 1996).

3.4 Herbicidas

Son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a controlar o destruir directamente malezas que resultan ser perjudiciales para la agricultura, donde estas especies son consideradas plagas durante la producción (OMS 2008). Los herbicidas pueden ser

clasificados de acuerdo a su época de aplicación, selectividad, tipo, familia química y modo de acción (OMS 2008).

Época de aplicación: Los herbicidas pueden clasificarse en forma general como pre emergentes y post emergentes (Anderson 1996).

- **Selectividad:** los herbicidas pueden ser clasificados como selectivos, herbicidas que a ciertas dosis, formas y épocas de aplicación eliminan a algunas plantas sin dañar significativamente a otras. No selectivos son aquellos herbicidas que ejercen su toxicidad sobre toda clase de vegetación y deben utilizarse en terrenos sin cultivo o bien evitando el contacto con las plantas cultivadas (Caseley 1996).
- **Familia química:** se basa en la composición de los diferentes compuestos usados como herbicidas. Los herbicidas dentro de una familia química tienen propiedades químicas similares y generalmente tienen el mismo modo de acción (Retzinger y Smith 1997).
- **Modo de acción:** es la secuencia de eventos que ocurren desde la absorción del herbicida hasta la muerte de la planta. Los herbicidas con el mismo modo de acción tienen el mismo comportamiento de absorción y transporte y producen síntomas similares en las plantas tratadas (Gusolus y Curran 1996).

4. Metodología

Se utilizó el diseño bloques completos al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones, con 20 unidades experimentales, cada unidad experimental se constituyó en bloques de 10 m de longitud por 10 m de ancho. Se evaluaron distintos productos de diferentes casas comerciales (cuadro 62). La aplicación de los tratamientos se realizó a los 28 días después del paso del ron en el terreno.

Cuadro 62. Descripción de los tratamientos en Post emergencia

Tratamiento	Ingrediente activo	Maleza que controla	Dosis (hectárea)	Dosis 10 l de mezcla
T1	Ametrina	Hoja ancha y hoja angosta	2 l/ha	100 ml
T2	Amicarbazone	Hoja angosta y ancha, anuales, bianuales, perennes y arbustivas propagadas por semilla durante la germinación	1 kg	50 g
T3	Glifosato	No selectivo	2 l	100 ml
T4	Testigo absoluto			

Fuente: elaboración propia, 2018.

La aplicación se realizó con una bomba manual Protecno con capacidad de 17 l, utilizando 10 l por cada unidad experimental, la aplicación fue dirigida al área foliar de las malezas (figura 42).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 42. Aplicación foliar.

Se utilizó 1 g/l de corrector de pH y dureza.

Para obtener el Porcentaje de control total de cada uno de los tratamientos en post emergencia a los 14 días después de la aplicación, primero se determinó el porcentaje de control de cada uno en las diferentes repeticiones utilizando el método visual el cual consiste en colocar el porcentaje observado a criterio en una escala de 0 % a 100 % (figura 43). Luego se procedió a la suma de cada porcentaje de control obtenido en el



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 43. Recorrido de cada unidad experimental para la colocación de porcentajes.

primero paso y se le saco un promedio obteniendo así el porcentaje de control por tratamiento.

5. Resultados y discusión

Antes de la aplicación de los tratamientos se realizó un muestreo de porcentaje de cobertura en general del área total del ensayo (2/5/2018) para determinar que malezas se hacían presentes las cuales se describen en el cuadro 65A y el porcentaje de cobertura de las malezas en general del ensayo en el cuadro 66A, la aplicación de los tratamientos se realizó el mismo día del muestreo. El muestreo después de la aplicación de los tratamientos en post emergencia fue a los 14 días.

Encontrando en el ensayo de manera visual un efecto positivo en el tratamiento tres (cuadro 67A) por lo que se realizó un análisis de varianza no paramétrica de Friedman para determinar si existía una diferencia significativa entre los tratamientos debido a que los datos no presentan normalidad de acuerdo al análisis de Shapiro Wilks (p valor < 0.05 , cuadro 68A)

Como resultado del análisis de varianza no paramétrico de Friedman se determinó que los tratamientos si producen un efecto significativo sobre el Porcentaje de control (p valor < 0.05 , cuadro 63).

Cuadro 63. Prueba de Friedman.

T1(Ametrina)	T2(Amicarbazone)	T3(Glifosato)	Testigo	p
2	2	4	2	<0.0001

Según los criterios de clasificación de los rangos de Friedman (cuadro 64) el Glifosato (T3) supera en porcentaje de control a la Ametrina (T1) y Amicarbazone (T2), esto se debe según Cengicaña (2013) a que el Glifosato (T3) pertenece a la familia química de las Glicinas que son altamente sistemáticos que se transportan de inmediato a toda la planta con la misma eficiencia vía apoplasto (Xilema) y simplasto (Floema) a las zonas de mayor actividad. Al contrario de lo que pasa con las Triazinas y Triazolinona que también son utilizadas como post emergencias sin embargo presentan su mayor control en pre emergencia debido a que son absorbidas por el sistema radicular y rápidamente transportados hacia las hojas, vía apoplasto (xilema) y cuando se utilizan post emergencia al no poder moverse vía simplasto (floema), puede darse un significativo movimiento vía apoplasto funcionando como herbicida de contacto (Cengicaña, 2013).

Cuadro 64. Clasificación de los rangos de los tratamientos por Friedman.

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
Testigo	10	2	5	A
T2(Amicarbazone)	10	2	5	A B
T1(Ametrina)	10	2	5	A B
T3(Glifosato)	20	4	5	C

Un factor que influyó en el resultado de la aplicación de los tratamientos fueron las altas precipitaciones por la tarde posiblemente ocasionando el lavado de los tratamientos de las familias químicas Triazinas y Triazolinona por lo cual al observar el cuadro 64 no hay diferencia significativa en sus medias con el testigo, mientras que las Glicinas si fueron transportadas vía simplasto (Floema) realizando una respuesta positiva a la aplicación. En el presente ensayo se comprobó también que la utilización de adherentes es necesario aplicarlo con familias químicas como las Triazinas y Triazolinona para garantizar que ese

significativo movimiento vía apoplasto que hace que funcione como herbicida de contacto sea realizado.

6. Conclusiones

1. El ingrediente activo que mostró mayor porcentaje de control en post emergencia fue el Glifosato.
2. Los grupos de las Triazinas y Trizolinona presentan mayor control de las malezas cuando son aplicadas en pre emergencia debido a que son familias químicas que no pueden ser movilizadas vía floema.

7. Bibliografía

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, Guatemala). 2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala (en línea). Consultado 7 oct. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101640359.pdf>
2. Espinoza, G. 2009. Manejo y control de malezas (en línea). Guatemala, CENGICAÑA. Consultado 7 oct. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20150902101644841.pdf>
3. Gunsolus, JL; Curran, WS. 1996. Herbicide mode of action and injury symptoms. North Central Extension Publication 377. 14 p. Citado por Rosales Robles, E; Sánchez de la Cruz, R. 1997. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción (en línea). México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Folleto Técnico no. 35. 39 p. Consultado 3 nov. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/266229319_CLASIFICACION_Y_USO_DE_LOS_HERBICIDAS_POR_SU_MODO_DE_ACCION
4. OMS. 2008. Malezas (en línea). Consultado 3 nov. 2018. Disponible en http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70935/ICD_10_1968_v1_spa.pdf?sequence=2&isAllowed=y
5. Retzinger, EJ; Mallory-Smith, C. 1997. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. Weed Technology 11:384-393. Citado

- por Rosales Robles, E; Sánchez de la Cruz, R. 1997. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción (en línea). México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Folleto Técnico no. 35. 39 p. Consultado 3 nov. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/266229319_CLASIFICACION_Y_USO_DE_LOS_HERBICIDAS_POR_SU_MODO_DE_ACCION
6. Rodríguez Lagreca, R; Salvo, G. 1998. Ecofisiología de las malezas (en línea). Consultado 3 nov. 2018. Disponible en <http://www.pv.fagro.edu.uy/Malezas/Doc/Ecofisiolog%EDa%20de%20malezas.pdf>
 7. Rosales Robles, E; Esqueda Esquivel, V. Caseley. 1996. Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción (en línea). Academic Research. Consultado 3 nov. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/266229319_CLASIFICACION_Y_USO_DE_LOS_HERBICIDAS_POR_SU_MODO_DE_ACCION
 8. Sembro, Colombia. 2014. Ametrina 80 WG (en línea). Cali, Colombia. Consultado 7 oct. 2018. Disponible en http://www.carvalcorp.com/wp-content/imagenes/agricola/herbicidas/ametrina_folleto_tecnico.pdf.

8. Anexos

Cuadro 65A. Malezas presentes en la toma de datos en el ensayo de post emergencia.

Malezas presentes			
Nombre Científico	Imagen	Nombre Científico	Imagen
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>		<i>Kallstroemia máxima</i>	
<i>Ipomoea</i>		<i>Phyllodendrom spp.</i>	
<i>Panicum máximum</i>		<i>Cyperus rotundus</i>	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 66A. Porcentaje de las malezas presentes en el ensayo de post emergencia

Lote :	100317	
Nombre Científico	Nombre Común	Porcentaje de cobertura
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	85%
<i>Ipomoea</i>	Bejuco	6%
<i>Kallstroemia maxima</i>	verdolaga	1.50%
<i>Phyllodendrom spp.</i>	Malanguilla	2.50%
<i>Panicum máximum</i>	Zacaton	2.10%
<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo	2.90%

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 67A. Resultados de la aplicación de los tratamientos a los 14 días.

Resumen Fotográfico de los Resultados a los 14 días después de la aplicación Promedio de altura de la maleza antes de la aplicación = 14 cm			
T1(Ametrina)		T1 (Ametrina)	
T1(Ametrina)		T2 (Amicarbazone)	
T2 (Amicarbazone)		T3(Glifosato)	
T3 (Glifosato)			

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 68A. Análisis de Shapiro Wilks para a variable porcentaje de control.

Variable	N	Media	W	P valor
% de Control	30	18.96	0.62	0.0001

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.4 Anexo 3 del capítulo III. Determinación de los grados Brix y clorofila a los 31 días después de la aplicación de micronutrientes.

1. Introducción

Los micronutrientes juegan un papel importante al igual que los macronutrientes en la nutrición de los cultivos como es en caso de la caña de azúcar, debido a que cumplen funciones determinadas y esenciales en procesos enzimáticos, oxido-reducción, formación de clorofila y transporte de azúcares. En el cultivo de la caña de azúcar se están realizando varios ensayos para comprobar si estos limitan la producción de caña y azúcar, por lo cual se están evaluando concentraciones en diferentes etapas fenológicas de la caña de azúcar para generar información para su producción. El presente ensayo se realizó en la finca Asunción en el lote 353017 a los 180 días de la germinación de la caña de azúcar. Se aplicó los micronutrientes vía foliar tomando los datos a los 31 días después de la aplicación obteniendo como resultado un estrés de la caña de azúcar por el nitrato de amonio. No se obtuvo incremento en la concentración de los grados Brix ni en la concentración de la clorofila.

2. Objetivos

Determinar si existe diferencia en los grados Brix y contenido de clorofila a los 31 días después de la aplicación foliar de micro nutrientes en caña de azúcar.

3. Marco teórico

3.1 Fertilización foliar

La nutrición foliar es el tipo de nutrición a través de las hojas que en la mayoría de sus aplicaciones son utilizadas como un complemento a la fertilización al suelo. Bajo este tipo de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrientes, algunos componentes de esta participan en la absorción de iones (Meléndez 2002).

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y calidad del producto (Meléndez 2002).

3.2 Absorción foliar de nutrimentos

Los nutrimentos que se aplican vía foliar penetran en las hojas a través de cavidades llamadas estomas que se encuentran en haz y envés de las hojas, también son absorbidos a través de espacios submicroscópicos llamados ectodesmos y al dilatarse la cutícula de las hojas producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos (Meléndez 2002).

Una vez realizada la absorción, las sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando las vías: a) la corriente de transpiración vía xilema, b) las paredes celulares, c) el floema y otras células vivas y d) los espacios intercelulares. La principal vía de translocación de nutrimentos aplicados al follaje es el floema. (Meléndez 2002).

3.3 Micronutrientes

La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados. Cuando existe deficiencia de uno o varios elementos menores, éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y producción, aunque existan cantidades adecuadas de los otros nutrientes. Los micronutrientes más utilizados en las aplicaciones foliares son (Meléndez 2002):

- **Zinc:** interviene en la formación de hormonas que afectan el crecimiento de las plantas. Participa en la formación de proteínas. Si no hay una cantidad adecuada de Zinc en la planta, no se aprovechan bien el Nitrógeno ni el Fósforo (BR global 2004).
- **Boro:** se relaciona con el transporte de azúcares en la planta. Afecta la fotosíntesis, el aprovechamiento del Nitrógeno y la síntesis de proteínas. (BR global 2004).
- **Manganeso:** influye en el aprovechamiento del Nitrógeno por la planta, actúa en la reducción de los nitratos (BR global 2004).
- **Molibdeno:** es importante en la síntesis de proteínas y en la fijación simbiótica del Nitrógeno. También ha sido asociado a los mecanismos de absorción y traslación del Hierro (BR global 2004).
- **Hierro:** es necesario para la formación de la clorofila, es un constituyente importante de algunas proteínas y enzimas. Es catalizador en los procesos de oxidación y reducción de la planta (BR global 2004).

4. Metodología

El ensayo fue realizado con dos muestras pareadas conformadas por 21 surcos con un largo de 200 m.

La aplicación de los micro nutrientes fue vía foliar, la aplicación se realizó a los 180 días después del cuarto corte del cultivo.

La aplicación se realizó con un aguilón de 16 m de largo. Se aplicó 4 l/ha.

Para la toma de datos se establecieron aleatoriamente 5 unidades de muestreo. Para cuantificar la clorofila se utilizó un clorofilometro, se seleccionaban diez plantas tomando de cada una la hoja TVD (figura 44) a la cual se le realizaban diez lecturas anotando el promedio. Para la obtención de los grados Brix se utilizó un refractómetro (figura 45) en el cual se colocaba una gota del jugo de la base, parte media y la punta de la caña seleccionando dos tallos por cada sub estación. Los datos se obtuvieron antes de la aplicación, a los tres, cinco, diez, quince y treinta y un días después de la aplicación.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 44. Toma de clorofila hoja TVD



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 45. Toma de grados Brix

5. Resultados y discusión

A los 31 días después de la aplicación de los micro nutrientes se procedió a la obtención de los promedios de clorofila tomados en campo (cuadro 69A) y de los grados Brix en la base, parte media y en la punta (cuadro 70A). Realizando una gráfica de clorofila a los 31 días después de la aplicación para observar si existía un aumento de clorofila por lo tanto también existiría un aumento en los grados Brix debido a que el metabolismo de la caña de azúcar sería mayor.

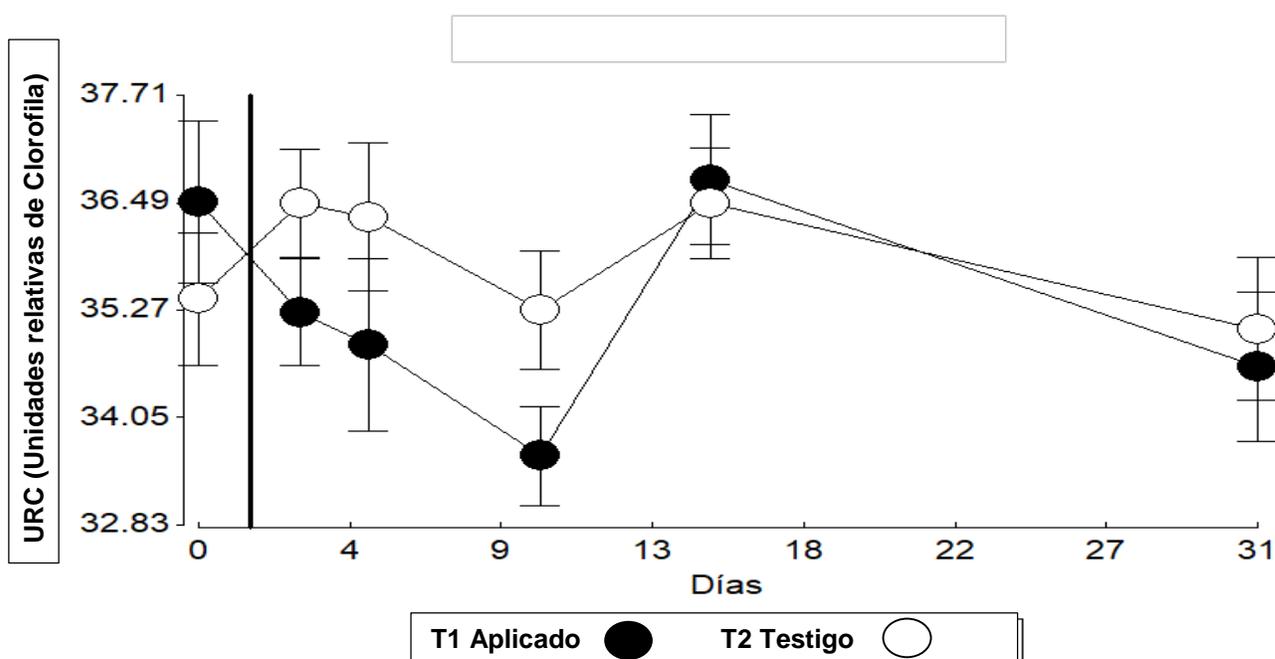


Figura 46. Comportamiento de la clorofila a los 31 días después de la aplicación.

En la figura 46 se muestra el comportamiento de clorofila del lote aplicado y del testigo en la cual se muestra una reducción de clorofila en el aplicado que comienza desde los tres días después de la aplicación haciéndose más pronunciada a los diez días, sufriendo un aumento después de ese punto llegando a igualar al testigo hasta los 31 días. Esta

reducción de clorofila posiblemente se deba a un estrés de la planta ante la aplicación de la fórmula que contenía aparte de los micronutrientes Nitrato de amonio, el cual es una sal que a concentraciones mayores de 4 kg/ha produce un estrés en las plantas (Fageria 1997). Se realizó una prueba de T de Student (cuadro 71A) para observar si existía una diferencia significativa en la clorofila, dando por resultado que no existía una diferencia significativa.

Al realizar una prueba de T de Student para observar si existía una diferencia significativa en la asimilación de Zinc y Manganeso (cuadro 75A y 76A) se observó que no existe una diferencia significativa a los 31 días después de la aplicación al no ser asimilados, estos resultados se pueden observar en la clorofila debido a que el Zinc y Manganeso ayudan a la asimilación del Nitrógeno proporcionado por la fertilización en el suelo (El lote fue fertilizado con Nitrógeno 30 días antes de aplicación de micronutrientes) por lo tanto en el lote aplicado se esperaba mayor concentración de clorofila debido a que a mayor asimilación de Nitrógeno mayor clorofila se tendrá debido a que la clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de Nitrógeno asimilado por la planta (Salisbury y Ross 1992).

En los gajos Brix al realizarles una prueba de T de Student (cuadro 72A, 73A y 74A) para la base, parte media y la punta no se observó una diferencia significativa en su aumento a los 31 días después de la aplicación debido a que no se obtuvo mayor clorofila la planta no aumentó su metabolismo.

Estos resultados indican que probablemente los cultivos de la caña necesiten dosis mayores de estos micro elementos para obtener resultados a los 31 días después de la aplicación con una edad del cultivo de 180 días debido que en la actualidad no existen dosis comerciales exactas para aplicar. Se han realizado diversos estudios acerca de la aplicación de los micronutrientes en los cuales se han obtenido diversos resultados y diferentes suposiciones del porque se obtuvieron los resultados, tales como en la investigación realizada por la DIECA en el cual no se encontraron resultados positivos por lo tanto explican que la aplicación fue realizada a los 54 días después del primer corte de la caña a lo que no

fue la etapa fisiológica ideal debido a que entre los 120 a 180 días después del corte la caña necesita la mayor disponibilidad de nutrientes (FIRA 2010).

Otras investigaciones realizadas por CENGICAÑA llamada avances en la evaluación de micronutrientes en el cultivo de caña de azúcar en suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala en los resultados no se obtuvieron diferencias significativas en cultivo debido a que al realizar estudios de suelo los micro nutrientes se encontraban altos por lo que la planta no obtuvo mayor respuesta al no estar deficientes al momento de su absorción (CENGICAÑA 2017).

6. Conclusiones

1. A los 31 días después de la aplicación de los micronutrientes no se observó diferencia significativa en la clorofila y en los grados Brix.
2. La aplicación de Nitrato de amonio causó un leve estrés en la planta.

7. Recomendaciones

1. El ensayo se debe llevar hasta el corte del cultivo para generar mayor información, si se dará una diferencia significativa en la clorofila y los grados Brix.
2. Se debe realizar más investigaciones incluyendo además de las dosis, fuentes y formas más efectivas de aplicación incluyendo diferentes épocas de aplicación de los micronutrientes.

8. Bibliografía

1. Alfaro P, D. DIECA 2013. Fertilización foliar en la caña de azúcar: Avances en investigación (en línea). Grecia, Alajuela, Costa Rica, LAICA, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Consultado 22 oct. 2018. Disponible en <https://www.laica.co.cr/biblioteca2/servlet/DownloadServlet?c=443&s=1762&d=38675>
2. CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, México). 2015. Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (en línea). México, SAGARPA / CONADESUCA. (Publicación enero). Consultado 22 oct. 2018. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tcnica_Ca_a_de_Az_car.pdf
3. Gloria Meléndez 2002. Fertilización foliar principios y aplicaciones. (En línea). Consultado el 11/11/2018. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
4. Gutierrez, MV. Fageria 2002. Mecanismos de absorción de nutrientes por el follaje (en línea). *In* Fertilización foliar principios y aplicaciones; Seminario de capacitación (2002, Costa Rica). San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. p. 1-6. Consultado 11 nov. 2018. Disponible en <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
5. NETAFIM, Israel. FIRA. 2010. Sugarcane: Introducción (en línea). Tel Aviv, Israel. Consultado 23 oct. 2018. Disponible en <http://www.sugarcanecrops.com/introduction/>
6. Páez, MC. BR Global 2012. Los micronutrientes. *Salus* 16(2):5-6. Consultado 12 nov. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/3759/375939019003.pdf>
7. Pérez, O; Fernández, F; Velásquez, A; Ramírez, C; Tayun, J; San Juan, L; Duarte, R; Azañón, V; Martínez, C; Melgar, M; Sacbaja, A; Merino, A. 2015. Avances en las evaluaciones de boro y zinc en el cultivo de caña de azúcar en suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala (en línea). Georgia, USA, IPNI, IAH no. 5: 29-33. Consultado 23 nov. 2018. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A0E3957FE4728C4F85257F3800515E66/\\$FILE/Art%206.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A0E3957FE4728C4F85257F3800515E66/$FILE/Art%206.pdf)
8. Salisbury, FB; Ross, CW. 1992. Fisiología vegetal. México, Iberoamerica. p. 319-338.

9. Anexos

Cuadro 69A. Promedio de los datos de clorofila.

Fecha	Días después de la aplicación	Tratamiento	Variable	Medias (U.R.C)
27/07/2018	0	T1(Aplicado)	clorofila	36.49
		T2 (Testigo)	clorofila	35.39
30/07/2018	3	T1(Aplicado)	clorofila	35.24
		T2 (Testigo)	clorofila	36.48
01/08/2018	5	T1(Aplicado)	clorofila	34.87
		T2 (Testigo)	clorofila	36.32
06/08/2018	10	T1(Aplicado)	clorofila	33.61
		T2 (Testigo)	clorofila	35.27
11/08/2018	15	T1(Aplicado)	clorofila	36.75
		T2 (Testigo)	clorofila	36.48
27/08/2018	31	T1(Aplicado)	clorofila	34.62
		T2 (Testigo)	clorofila	35.05

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 70A. Promedio de los datos de los grados Brix en la base, parte media y la punta.

Días	Brix (°Bx) base						Brix (°Bx) parte media						Brix (°Bx) Punta					
	0	3	5	10	15	31	0	3	5	10	15	31	0	3	5	10	15	31
T1 aplicado	17.8	16.62	17.63	17	18.1	19.16	16.73	16.1	16.76	16.94	17.51	18.7	11.83	10.68	13.82	12.29	15.19	17.16
T2 testigo	17.5	18.01	17.95	16.89	17.2	17.63	17.47	16.26	17.49	15.54	16.86	17.3	13.83	9.46	14.6	11.11	15.52	17.25

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 71A. Prueba de T de Student para la variable clorofila.

Fecha	Días después de la aplicación	Tratamiento	n (T1)	n (T2)	Medias (U.R.C)	p-valor
27/07/2018	0	T1(aplicado)	50	50	36.49	0.8219
		T2 (testigo)	50	50	35.39	
30/07/2018	3	T1(aplicado)	50	50	35.24	0.0776
		T2 (testigo)	50	50	36.48	
01/08/2018	5	T1(aplicado)	50	50	34.87	0.132
		T2 (testigo)	50	50	36.32	
06/08/2018	10	T1(aplicado)	50	50	34.61	0.0601
		T2 (testigo)	50	50	35.27	
11/08/2018	15	T1(aplicado)	50	50	36.75	0.6076
		T2 (testigo)	50	50	36.48	
27/08/2018	31	T1(aplicado)	50	50	34.62	0.3581
		T2 (testigo)	50	50	35.05	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 72A. Prueba de T de Student para la variable grados Brix de la Base.

Fecha	Días después de la aplicación	Tratamiento	n (T1)	n (T2)	Medias (°Bx)	p-valor
27/07/2018	0	T1(aplicado)	10	10	15.75	0.818
		T2 (testigo)	10	10	16.99	
30/07/2018	3	T1(aplicado)	10	10	15.65	0.9519
		T2 (testigo)	10	10	17.05	
01/08/2018	5	T1(aplicado)	10	10	16.79	0.4712
		T2 (testigo)	10	10	16.74	
06/08/2018	10	T1(aplicado)	10	10	16.18	0.8036
		T2 (testigo)	10	10	16.92	
11/08/2018	15	T1(aplicado)	10	10	18.24	0.574
		T2 (testigo)	10	10	17.94	
27/08/2018	31	T1(aplicado)	10	10	17.58	0.1612
		T2 (testigo)	10	10	16.66	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 73A. Prueba de T de Student para la variable de los grados Brix de la parte media.

Fecha	Días después de la aplicación	Tratamiento	n (T1)	n (T2)	Medias (°Bx)	p-valor
27/07/2018	0	T1(aplicado)	10	10	15.41	0.868
		T2 (testigo)	10	10	16.57	
30/07/2018	3	T1(aplicado)	10	10	15.61	0.2731
		T2 (testigo)	10	10	15.25	
01/08/2018	5	T1(aplicado)	10	10	16.46	0.296
		T2 (testigo)	10	10	16.04	
06/08/2018	10	T1(aplicado)	10	10	16.5	0.2058
		T2 (testigo)	10	10	15.92	
11/08/2018	15	T1(aplicado)	10	10	17.03	0.0738
		T2 (testigo)	10	10	15.71	
27/08/2018	31	T1(aplicado)	10	10	18.11	0.0505
		T2 (testigo)	10	10	17.12	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 74A. Prueba de T para la variable de los grados Brix de la punta.

Fecha	Días después de la aplicación	Tratamiento	n (T1)	n (T2)	Medias (°Bx)	p-valor
27/07/2018	0	T1(aplicado)	10	10	12.47	0.7399
		T2 (testigo)	10	10	13.38	
30/07/2018	3	T1(aplicado)	10	10	12	0.598
		T2 (testigo)	10	10	11.70	
01/08/2018	5	T1(aplicado)	10	10	13.45	0.3897
		T2 (testigo)	10	10	13.17	
06/08/2018	10	T1(aplicado)	10	10	11.68	0.306
		T2 (testigo)	10	10	11.22	
11/08/2018	15	T1(aplicado)	10	10	15.52	0.1956
		T2 (testigo)	10	10	14.64	
27/08/2018	31	T1(aplicado)	10	10	16	0.5755
		T2 (testigo)	10	10	16.20	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 75A. Prueba de T de Student para la variable Zinc.

Fecha	Días después de la aplicación	Tratamiento	Medias	p-valor
27/07/2018	0	T1(aplicado)	19.530	0.8775
		T2 (testigo)	22.020	
30/07/2018	5	T1(aplicado)	19.090	0.9296
		T2 (testigo)	21.430	
01/08/2018	31	T1(aplicado)	22.380	0.1977
		T2 (testigo)	19.96	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 76A. Prueba de T de Student para la variable Manganeso.

Fecha	Días después de la aplicación	Tratamiento	Medias	p-valor
27/07/2018	0	T1(aplicado)	19.970	0.9125
		T2 (testigo)	19.060	
30/07/2018	5	T1(aplicado)	17.190	0.9862
		T2 (testigo)	20.510	
01/08/2018	31	T1(aplicado)	15.970	0.438
		T2 (testigo)	15.5	

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.5 Anexo 4 del capítulo III. Mapeo de los puntos de bombeo superficiales, pozos mecánicos y tapas de nivel freático de la región central norte.

1. Introducción

En la región central norte del Ingenio Magdalena se utilizan tres formas de abastecimiento para riego: pozos mecánicos, bombas y tapas de nivel freático, distribuidos en las ocho zonas que conforman la región. Cada zona utiliza diferentes puntos estratégicos en los cuales coloca cada bomba para el riego de los lotes al igual las tapas de nivel freático. Cada pozo mecánico también está situado en diferente punto en cada zona por lo cual se realizó un mapa por administración que conforma la región central norte para identificar la ubicación geográfica de cada uno de estas formas de abastecimiento de riego con sus características como sus parámetros de operación, caudal, área que riega, horas máquina y número de costales para su elaboración.

2. Objetivo

Representar la localización de los puntos de bombeo, pozos mecánicos y tapas de nivel freático en un mapa de la región central norte del Ingenio Magdalena.

3. Marco teórico

3.1 Pozos mecánicos

Los pozos mecánicos son obras realizadas con el propósito de captación para la explotación del agua freática contenida en la fisura de una roca del subsuelo a lo que se denomina acuífero (Global Water partnership 2012). Estos pozos mecánicos son utilizados

mayormente para riego agrícola, los cuales tienen varios parámetros que se deben tomar en cuenta para su operación:

- **Revoluciones por minuto:** es el número de vueltas que desarrolla el motor, a mayor cantidad de vueltas, mayor RPM y mayor potencia (ATPP, 2008).
- **Caudal:** volumen de agua extraído del pozo por unidad de tiempo que se puede expresar en l/s o m^3/s (Bustamante, 2006).
- **Nivel dinámico:** es la medida del nivel de agua de un pozo que está en producción hasta la superficie del pozo (FAGRO, 2015).
- **Nivel estático:** es la medida de nivel de agua en un pozo, en reposo o estancamiento, relativo a la superficie del pozo (FAGRO, 2015).
- **Abatimiento:** es el descenso de agua que sufre el pozo al estar en proceso esto quiere decir que es la resta de nivel estático menos el nivel dinámico (FAGRO, 2015).
- **Columna de agua:** la columna de agua es la resta de la profundidad de la bomba menos el nivel dinámico (FAGRO, 2015).

3.2 Bombeos de agua superficiales

Los bombeos de agua superficial se encuentran en puntos estratégicos que abastecen de agua como ríos, norias y quíneles. En los cuales se coloca una bomba para obtener agua para riego (FAGRO, 2015).

3.3 Tapas de nivel freático

Las tapas de nivel freático son elaboradas con distintos materiales como costales y recipientes de aguas gaseosas con el fin de crear el efecto de una presa, estas se colocan en ríos y quíneles (FAGRO, 2015).

4. Metodología

4.1 Toma de datos en campo

Para la toma de datos en campo se elaboró un cronograma planificando las visitas a las 8 zonas que conforman la región central norte, se entrevistó al supervisor de riegos de cada zona y se recorrió cada uno de los puntos de bombeo, pozos mecánicos y las tapas de Nivel Freático.

Cada dato obtenido en campo se guardaba en unos formularios (cuadro 77A, 78A y 79A) elaborados en el programa de Survey123 for ArcGIS, este permite tomar las posiciones geográficas y guarda la información anotada de cada punto.

4.2 Elaboración del mapa

Para la comprensión de la información se elaboraron mapas en ArcGIS separando la región central norte en sus dos administraciones: Buganvilia y Velásquez. Cada punto en campo su información fue descargada en formato de Excel para realizar la base de datos de los pozos mecánicos, puntos de bombeo y las tapas de nivel freático.

4.3 Pozos mecánicos

Para el análisis de la información de cada uno de los pozos mecánicos se comparó sus parámetros de operación de PSI de salida y las revoluciones por minuto con los parámetros establecidos del ingenio los cuales son PSI de 60 a 65 y RPM de 1,600 a 1,800. Para determinar si se estaba trabajando bajo lo establecido, para el análisis de la columna de agua se restó la profundidad de la bomba menos el nivel dinámico, el resultado debía ser mayor o igual a 50 m debido a que este es un parámetro bajo el cual la bomba sumergible funciona en excelentes condiciones, según el departamento de riego del ingenio Magdalena.

4.4 Bombeos de agua superficial

Para el análisis de la información de los puntos de bombeo se procedió a la separación de cada uno por administración y fuente donde es proporcionada el agua: río, fábrica o noria. Se determinó en cada punto el mes en que se quedaba sin agua contando cuantos puntos eran y se obtuvo el mes frecuente donde sucede esto.

4.5 Tapas de nivel freático

Para el análisis de la información de cada una de las tapas se procedió a separarlas, las elaboradas con costales y con arena, luego se contabilizó el número de horas máquina para las elaboradas con arena y a las elaboradas con costales se determinó el número total de costales utilizados.

5. Resultados

5.1 Pozos mecánicos

En el cuadro 80A se muestran los parámetros que operan los 19 pozos mecánicos que están ubicados en la administración Bugarvilia los cuales operan a unas PSI de salida de 65 y a unas revoluciones por minuto de 1,800 las cuales están entre los rangos de operación que se establecen en el Ingenio. Nueve pozos están por debajo de lo permitido en su columna de agua (< 50 m) este parámetro es producto de la diferencia de la profundidad de la bomba y el nivel dinámico, lo que esto indica que la profundidad de la bomba es incorrecta.

En el cuadro 81A se presentan los parámetros bajo los que operan los 18 pozos mecánicos que se encuentran ubicados en la administración Velásquez los cuales operan con PSI de salida de 65 y a unas RPM entre 1,600 a 1,800, los parámetros están entre los rangos de operación deseados por el Ingenio. Seis de los pozos encontrados su columna de agua está por debajo de lo permitido (< 50 m).

5.2 Bombeo de agua superficiales

En la administración Bugarvilia se tienen 22 bombas de motor utilizadas para riego cada una es colocada en 56 puntos geográficos (cuadro 82A), en total se riega 4,154.70 ha. El río Achiguate alimenta 23 puntos, quíneles 2 puntos, río Ceniza 1 punto, río Coyolate 6 puntos, río Cristalina 1 punto, río Danto 4 puntos, del ingenio 1 punto, río Maruca 5 puntos, Noria 1 punto, río Palazón 12 puntos, de los cuales 25 puntos se quedan sin agua a finales de marzo.

En la administración Velásquez se tienen 18 bombas de motor cada una es colocada en 61 distintos puntos geográficos (cuadro 83A), en total regando una cantidad de 4,610.70 ha. Los lugares de bombeo donde se coloca cada bomba son en el río Achiguate alimenta 4 puntos, río Acomé 11 puntos, río Cabeza de toro 5 puntos, quinel campamento 4 puntos, río

Cenizas 12 puntos, quinel Corral 8 puntos, río Coyolate 1 punto, río las Delicias 1 punto, Noria 1 punto, río Obispo 6 puntos, río Pantaleón 6 puntos, de pozos mecánicos 1 punto, de los cuales 49 puntos se quedan sin agua en diferentes fechas las cuales son en febrero, marzo y abril.

5.3 Tapas de nivel freático

En la región central norte se realizan 83 tapas de nivel freático (cuadro 84A) las cuales se realizan en la administración Buganvilia beneficiando 1,544.10 ha, para la realización de estas tapas se utilizan costales y otras tapas se realizan con arena. En las que se elaboran con costales se realizan con 13,627, para las que se realizan con arena se utilizan 169 horas máquina.

6. Conclusiones

1. El número total de pozos mecánicos que se utilizan en la región central norte son 37 los cuales operan bajo los parámetros establecidos en el Ingenio, 15 pozos no cumplen con la profundidad de la columna de agua para un buen funcionamiento de la bomba sumergible.
2. La región central norte coloca cada bomba en 117 puntos de bombeo distintos los cuales benefician 8,765.40 ha, de esos 74 se quedan sin agua en diferentes meses.
3. La cantidad de tapas de nivel freático elaboradas en la región central norte son 83 las cuales 47 son elaboradas con arena utilizando 169 horas máquina y 36 son elaboradas con costales utilizando 13,627.

7. Bibliografía

1. ATPP. 2018. Velocidad tangencial (en línea). Barcelona, España. Consultado 10 dic. 2018. Disponible en <https://www.atpplleal.com/userfiles/files/VELOCIDAD%20TANGENCIAL%281%29.pdf>
2. Bustamante, O. 2006. Manual básico para medir caudales (en línea). Consultado 10 dic. 2018. Disponible en <http://www.bivica.org/upload/medir-caudales-manual.pdf>
3. FAGRO (Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Uruguay). 2015. Agua subterránea: Riegos en cultivos intensivos (en línea). Consultado 10 dic. 2018. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Agua%20Subterranea-Pozos%202015.pdf>
4. Global Water Partnership. 2012. Un recurso global clave (en línea). Consultado 10 dic. 2018. Disponible en <https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/strategic-documents/gwp-posicion-estrategica-2030-espanol.pdf>.

8. Anexos

Cuadro 77A. Formulario de los pozos mecánicos.

Pozos_Mecanicos

Codigo Función *
Ingrese primeros tres digitos codigo maquina

Código Máquina *
Ingrese ultimos tres digitos codigo maquina

Profundidad Bomba *

Nivel Estático *

Caudal (gmp) *

RPM *

PSI Salida *

Área Diseño *

Área Real *

Tipo Sistema *

Mini-Aspersión Goteo
 Mecanizado Cañón
 Gravedad

Produce arena *

SI NO

Baja Nivel Agua *

Fuente: Survey123 for ArcGIS, 2018.

Cuadro 78A. Formulario de Bombeos agua superficial.

Bombeos_Aguas_Superf	
Código Función * Ingrese el código de función <input type="text"/>	Área Diseño * Hectáreas <input type="text"/>
Código Máquina * Ingrese el código de la máquina <input type="text"/>	Área Real * Hectáreas <input type="text"/>
Lugar de Bombeo Escriba el nombre del río o quínel <input type="text"/>	Se queda sin agua * <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
Tipo de Agua <input type="radio"/> Río <input type="radio"/> Noria <input type="radio"/> Fábrica	Observaciones <input type="text"/>
CAUDAL * GPM <input type="text"/>	

Fuente: Survey123 for ArcGIS, 2018.

Cuadro 79A. Formulario de las tapas de nivel freático.

TapasNivelFreatico	
Nombre río/canal * <input type="text"/>	Horas Máquina * <input type="text"/>
Largo tapa * Metros <input type="text"/>	Cant. Costales/Yumbos * <input type="text"/>
Ancho tapa * Metros <input type="text"/>	Fecha Construcción * fecha <input type="text"/> ▼ Tiempo <input type="text"/> ▼
Altura tapa * Metros <input type="text"/>	Fecha Eliminación * fecha <input type="text"/> ▼ Tiempo <input type="text"/> ▼
Área Beneficiada * Hectáreas <input type="text"/>	Observaciones <input type="text"/>

Fuente: Survey123 for ArcGIS, 2018.

Cuadro 80A. Parámetros de operación de los pozos mecánicos de la administración Bugarvilia.

Código función	Código máquina	Administración	Finca	Área asignada (ha)	Caudal (gal/min)	Nivel Estático (pies)	Nivel Dinámico (pies)	Abatimiento (pies)	Columna de agua (pies)	Profundidad Bomba (pies)	PSI Salida	RPM	Long	Lat
33	895	Bugarvilia	Santa Rita	172.79	1440	78	206	128	14	220	65	1800	-91	14.1
33	494	Bugarvilia	Santa Rita	124.32	234	20	60	40	40	100	65	1500	-91	14.1
33	730	Bugarvilia	santa Rita	124.32	1250	73	75	2	125	200	65	1800	-	90.97
33	898	Bugarvilia	Santa Rita	172.79	1440	61	91	30	129	220	65	1800	-	90.97
33	536	Bugarvilia	Santa Rita	95	810	5	60	55	40	100	65	1800	-	90.97
33	321	Bugarvilia	San Carlos Arzu	135	900	8	34	26	16	50	65	0	-	90.98
33	331	Bugarvilia	San Carlos Arzu	109	1700	10	29	19	21	50	65	0	-	90.98
33	373	Bugarvilia	El Carmen	105.43	1700	8	25	17	25	50	65	1800	-	90.98
33	843	Bugarvilia	Santa monica	296.65	1400	60	120	60	80	200	65	1800	-	90.97
33	868	Bugarvilia	Santa Monica	296.65	1200	100	185	85	15	200	65	1800	-	90.97
33	709	Bugarvilia	La Selva	351	1300	23	63	40	107	170	65	1800	-	90.98
11	201	Bugarvilia	La Selva	179.96	1150	56	58	2	42	100	65	1800	-	90.98
33	312	Bugarvilia	La Selva	171.08	1600	14	27	13	73	100	65	1800	-	90.98
33	894	Bugarvilia	Polonia	246.24	2090	45	109	64	41	150	65	1800	-	90.95
33	544	Bugarvilia	Luceros	72.86	968	8	39	31	61	100	65	1800	-	90.97
33	545	Bugarvilia	Luceros	101.08	968	6	39	33	61	100	65	1800	-	90.98
33	626	Bugarvilia	Luceros	43.52	968	8	42	34	58	100	65	1800	-	90.96
33	614	Bugarvilia	Luceros	92.91	968	9	35	26	65	100	70	1700	-	90.95
33	729	Bugarvilia	Santa monica	94.97	800	38	75	37	105	180	65	1600	-	90.98

Fuente: elaboración propia,

Cuadro 81A. Parámetros de operación de los pozos mecánicos de la administración Velásquez.

Código función	Código máquina	Administración	Finca	Área asignada (ha)	Caudal (gal/min)	Nivel Estático (pies)	Nivel Dinámico (pies)	Abatimiento (pies)	Columna de agua (pies)	Profundidad Bomba (pies)	PSI Salida	RPM	Long	Lat
33	942	Velasquez	La Reynita	121.77	1600	137	170	33	80	250	65	1800	-	14.18
33	773	Velasquez	Santanderina	131.84	1600	177	238	61	32	270	65	1800	-	14.15
33	772	Velasquez	Santa Cristina	132.66	1600	156	200	44	70	270	65	1800	-	14.14
33	776	Velasquez	Santanderina	77.52	1219	193	382	189	38	420	65	1500	-	14.18
33	774	Velasquez	Santanderina	63.63	1100	200	318	118	42	360	65	1650	-	14.18
33	775	Velasquez	Santanderina	98	880	114	350	236	0	350	65	1600	-	14.17
33	940	Velasquez	San Isidro	158.65	836	129	151	22	119	270	65	1600	-	14.16
33	1054	Velasquez	Asuncion	88.87	1400	150	160	10	120	280	65	1600	-	14.16
33	794	Velasquez	Reynosa	80.58	836	124	219	95	131	350	65	1600	-	14.15
33	791	Velasquez	San patricio	90.34	1000	50	90	40	110	200	65	1600	-	14.13
33	755	Velasquez	San patricio	80.78	900	122	185	63	15	200	65	1600	-	14.12
33	712	Velasquez	Reynosa	81.07	580.8	211	160	-51	240	400	65	1600	-	14.16
33	567	Velasquez	Reynosa	70.91	704	135	140	5	260	400	65	1600	-	14.15
33	564	Velasquez	Reynosa	70.29	836	193	232	39	168	400	65	1600	-	14.15
33	495	Velasquez	San patricio	68.63	800	27	98	71	52	150	65	1600	-	14.10
33	225	Velasquez	Ilusiones	123.28	900	17	69	52	-19	50	65	1600	-	14.11
33	1071	Velasquez	Ilusiones	187.94	1600	70	187	117	13	200	65	1600	-	14.11
32	64	Velasquez	San patricio	112.64	600	13	47	34	53	100	65	1600	-	14.16

Fuente: elaboración propia,

Cuadro 82A. Puntos de Bombeo administración Buganvilla.

Administración	Código Función	Código máquina	Área asignada (ha)	Caudal (gal/min)	Lugar de Bombeo	Se queda sin agua	Tipo de Agua	Observaciones
Buganvilla	32	46	72.2	1056	Palazon	NO	río	Realizar una base de cemento para colocar la bomba
Buganvilla	32	57	184	1562	Achiguate	SI	fabrica	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	32	65	40.2	800	Achiguate	NO	noria	Baja caudal a finales de Marzo
Buganvilla	32	65	46	750	Coyolate	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	32	68	11.7	1188	Chiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	32	70	29.1	700	Coyolate	NO	río	Baja caudal a finales de Marzo
Buganvilla	32	70	40.6	700	Coyolate	NO	río	Baja caudal a finales de Marzo
Buganvilla	32	82	48	700	Coyolate	NO	río	Finales de Marzo baja caudal
Buganvilla	32	101	96.1	1200	Achiguate	NO	río	Baja caudal debido a que se agarra agua para el riego por gravedad
Buganvilla	32	102	87.3	1200	Achiguate	NO	río	Baja el caudal porque se agarra agua para riego por gravedad
Buganvilla	32	103	146	1200	Achiguate	NO	río	Baja caudal porque se agarra agua para riego por gravedad
Buganvilla	32	104	66.3	1200	Achiguate	NO	río	Baja caudal porque se agarra para riego de gravedad
Buganvilla	33	472	40	800	Achiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	33	472	15	800	Achiguate	SI	río	se queda sin agua a finales de marzo
Buganvilla	33	472	20	800	Achiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	33	506	49.2	1100	Maruca	NO	río	No posee base de cemento para colocar la bomba
Buganvilla	33	732	163	1800	Chiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	37	123	45	45	Ingenio	SI	fabrica	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	9	11.7	1088	Achiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	11	96	855	Achiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	11	35	800	Achiguate	SI	río	El punto de bombo es muy superficial
Buganvilla	43	11	40	800	Achiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	11	15	800	Achiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	16	42.3	1100	Danto	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	16	60	1056	Maruca	NO	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	16	30.4	1056	Maruca	NO	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	56	40	675	Achiguate	No	río	Baja caudal a finales de Marzo
Buganvilla	43	56	17.3	800	Achiguate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	56	11.3	800	Achiguate	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	56	9.61	800	Achiguate	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	56	16.3	800	Achiguate	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	56	15	800	Achiguate	NO	río	Finales de Marzo baja caudal
Buganvilla	43	76	94.3	880	Danto	SI	río	No baja caudal
Buganvilla	43	118	64	1000	Coyolate	NO	río	Baja caudal a finales de Marzo
Buganvilla	43	126	76	2000	Campamento	SI	río	No baja caudal
Buganvilla	43	128	189	1601	Coyolate	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	140	20.1	950	Palazon	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	140	27.1	950	Palazon	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	140	21.2	950	Palazon	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	140	49.5	950	Palazon	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	140	25.6	950	Palazon	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	140	54	950	Maruca	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	140	28.6	950	Palazon	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	140	20.6	950	Palazon	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	140	31.1	950	Danto	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	140	25.9	950	Palazon	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	140	43.5	950	Palazon	SI	río	Se queda sin agua a finales de Marzo
Buganvilla	43	140	37	950	Maruca	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	140	39.1	950	Danto	NO	fabrica	No baja caudal
Buganvilla	43	140	27.1	950	Palazon	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	152	117	880	Cristalino	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	153	86.2	1232	Palazon	NO	río	No baja caudal
Buganvilla	43	161	18	900	Noria	SI	noria	Cada 3 días de riego baja el nivel

Buganvilia	43	181	25.2	600	Canal revestido	NO		No baja caudal
Buganvilia	43	181	16.9	180	Achiquate	NO	rio	Baja caudal a finales de marzo.
Buganvilia	114	10	16.9	1000	Ceniza	SI	rio	Baja caudal a finales de marzo
Buganvilia	123	234	23	23	Prueba	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Marzo

Fuente: elaboración propia,

Cuadro 83A. Puntos de bombeo administración Velásquez.

Administración	Código función	Código máquina	Área asignada (ha)	Caudal (gal/min)	Lugar de Bombeo	Se queda sin agua	Tipo de Agua	Observaciones
Velásquez	32	35	42.6	800	Achiguate	NO	rio	Baja caudal en Abril
Velásquez	32	35	28.11	800	Campamento	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Marzo
Velásquez	32	35	15.43	800	Campamento	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Marzo
Velásquez	32	40	46.85	800	Corral	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	32	40	46.89	800	Corrales	SI	rio	Se queda sin agua a inicios de Marzo
Velásquez	32	41	28.47	800	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Marzo
Velásquez	32	41	20.95	800	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	32	41	23.18	800	Cabeza de toro	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	32	41	16.89	800	Cabeza de toro	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	32	41	32.96	800	Cabeza de Toro	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	32	41	30.67	800	Cabeza de Toro	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	32	41	11.3	800	Cabeza de Toro	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de Febrero debido a que Pantaleón agarra una parte
Velásquez	32	41	27.36	800	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a inicios de Marzo
Velásquez	32	41	7.74	800	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	32	45	26.29	1000	Pantaleón	SI	rio	Se queda sin agua a principios de abril
Velásquez	32	45	20.57	1000	Pantaleón	SI	rio	Se queda sin agua a principios de abril
Velásquez	32	45	25.96	1000	Pantaleón	SI	rio	Se queda sin agua a finales de abril
Velásquez	32	45	20.71	1000	Pantaleón	SI	rio	Se queda sin agua a finales de abril
Velásquez	33	323	11	2400	Pozos mecánicos	NO	noria	Posee mucha fuga la tubería principal
Velásquez	33	323	11	2400	Coyolate	NO	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	33	323	20.81	1000	Quinel	NO	noria	Sin observaciones
Velásquez	43	12	27.56	800	Achiguate	NO	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	12	37.57	800	Campamento	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Marzo
Velásquez	43	12	27.66	800	Achiguate	NO	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	12	23.65	800	Campamento	NO	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	12	42.7	800	Obispo	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de Marzo
Velásquez	43	12	56.95	808	Obispo	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Marzo
Velásquez	43	21	110.51	1600	Achiguate	SI	noria	La capacidad de la noria no es suficiente por lo que se utiliza una caudal era en el Achiguate
Velásquez	43	23	40.87	800	Obispo	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de Marzo
Velásquez	43	23	52.35	800	Obispo	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Marzo
Velásquez	43	23	41.53	800	Obispo	SI	noria	Se queda sin agua a finales de Marzo
Velásquez	43	23	24.95	800	Las delicias	SI	rio	Se queda sin agua a principios de Marzo
Velásquez	43	24	115.07	1000	Acomé	NO	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	25	20.85	1200	Corral	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de marzo
Velásquez	43	25	34.56	1200	Corral	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de marzo
Velásquez	43	25	22.2	1200	Corral	SI	rio	Baja caudal a finales de marzo
Velásquez	43	25	31.08	1200	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a inicios de marzo
Velásquez	43	25	22.24	1200	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a finales de febrero
Velásquez	43	25	15.01	1200	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a finales de Febrero
Velásquez	43	26	16.93	1000	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	26	12.19	1000	Pantaleón	SI	rio	Se queda sin agua a finales de abril
Velásquez	43	26	45.24	1000	Pantaleón	SI	rio	Se queda sin agua a finales de abril
Velásquez	43	29	82.86	1000	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a finales de abril
Velásquez	43	29	37.6	1000	Acomé	SI	rio	Se queda sin agua a finales de abril
Velásquez	43	29	63.57	1000	Acomé	NO	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	58	18.24	1000	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	58	11.76	1000	Ceniza	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	58	17.29	1000	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	58	18.88	100	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	58	23.41	1000	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	58	9.63	1000	Ceniza	NO	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	58	24.67	1000	Cenizas	SI	rio	Se queda sin agua a principios de abril
Velásquez	43	91	74.7	800	Noria	SI	noria	A inicios de riego se queda sin agua
Velásquez	43	135	44.3	850	<Null>	SI	rio	Se queda sin agua a mediados de febrero
Velásquez	43	156	18.2	800	Obispo	NO	rio	No baja caudal se mantiene trabajando bien
Velásquez	43	189	4.46	400	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	189	5.35	400	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	189	9.38	400	Cenizas	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo
Velásquez	43	189	9.9	400	Ceniza	SI	rio	Baja caudal a finales de Marzo

Fuente: elaboración propia,

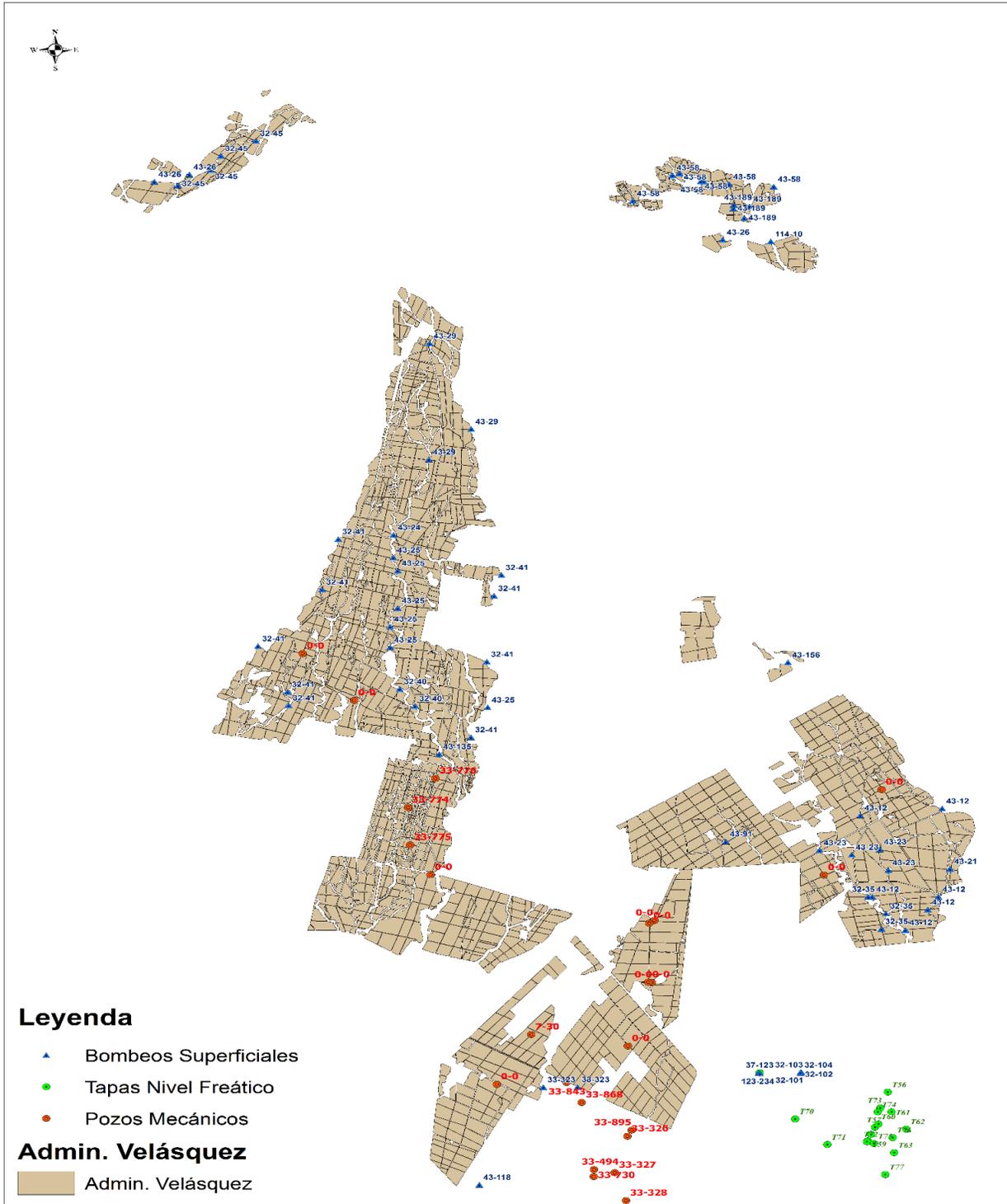
Cuadro 84A. Tapas de nivel freático.

ID	Administración	Área Beneficiada (ha)	Cant. Costales/Yumbos	Altura tapa (m)	Ancho tapa (m)	Largo tapa (m)	Fecha Construcción	Fecha Eliminación
T1	Buganvilia	21.51	150	10	10	10	08/11/2017	03/04/2018
T2	Buganvilia	182.64	0	4	6	12	17/10/2018	15/05/2018
T3	Buganvilia	8	800	3	3	4	14/11/2018	30/05/2018
T4	Buganvilia	6	600	2	2	3	22/11/2017	30/05/2018
T5	Buganvilia	5	400	2	2	3	15/11/2017	30/05/2018
T6	Buganvilia	2	500	2	2	3	22/11/2017	30/05/2018
T7	Buganvilia	5	500	2	3	4	12/09/2018	30/05/2018
T8	Buganvilia	5	0	3	4	5	15/11/2017	30/05/2018
T9	Buganvilia	6	500	3	2	4	15/11/2017	30/05/2018
T10	Buganvilia	5	0	3	4	5	22/11/2017	30/05/2018
T11	Buganvilia	2	200	2	2	3	15/11/2018	30/05/2018
T12	Buganvilia	2	200	2	2.5	2	22/11/2017	30/05/2018
T13	Buganvilia	2	300	2	2	3	15/11/2017	23/05/2018
T14	Buganvilia	7	0	3	4	5	15/11/2017	30/05/2018
T15	Buganvilia	6	0	3	5	4	10/11/2017	30/05/2018
T16	Buganvilia	6	0	3.5	4	5	29/12/2017	30/05/2018
T17	Buganvilia	7	0	3	5	5	10/11/2017	30/05/2018
T18	Buganvilia	10	150	1.5	2.5	3	07/12/2018	30/05/2019
T19	Buganvilia	20	150	2	2	6	07/12/2018	30/05/2018
T20	Buganvilia	15	900	2.5	5	8	30/12/2018	07/05/2019
T21	Buganvilia	20	800	3	4	8	14/12/2018	30/05/2019
T22	Buganvilia	8	50	1.5	2	1	07/12/2018	30/05/2019
T23	Buganvilia	20	400	2.5	4	2	07/12/2018	30/05/2019
T24	Buganvilia	12	225	1.5	2	2.5	07/12/2018	28/05/2020
T25	Buganvilia	5	200	1.5	2.5	2.5	04/12/2018	30/05/2019
T26	Buganvilia	10	2	1.5	2.5	4	03/12/2018	30/05/2018
T27	Buganvilia	15	600	2.5	2	10	05/12/2019	30/05/2018
T28	Buganvilia	18	150	2	10	10	03/07/2017	04/04/2018
T29	Buganvilia	15	250	1.5	2	4	06/12/2017	16/05/2018
T30	Buganvilia	10	200	1.5	2	3	05/12/2017	16/05/2018
T31	Buganvilia	20	400	1.5	2	3	03/12/2018	16/05/2018
T32	Buganvilia	20	800	1.5	2	6	05/12/2017	16/05/2018
T33	Buganvilia	20	0	12	10	10	08/11/2017	11/04/2018
T34	Buganvilia	250	0	10	10	20	16/11/2017	12/04/2018
T35	Buganvilia	20	0	5	3.5	5	08/11/2017	14/03/2018
T36	Buganvilia	15	0	5	3.5	5	01/11/2017	07/03/2018
T37	Buganvilia	15	0	5	3	3	08/11/2017	14/11/2018
T38	Buganvilia	15	0	5	3	3	08/11/2017	04/04/2018
T39	Buganvilia	10	0	5	3.5	5	08/11/2017	15/03/2018
T40	Buganvilia	20	0	5	3	6	01/11/2017	11/04/2018
T41	Buganvilia	15	0	5	3	5	08/11/2017	11/04/2018
T42	Buganvilia	25	0	6	6	15	08/11/2017	20/04/2018
T43	Buganvilia	30	300	5	12	12	08/11/2017	04/04/2018
T44	Buganvilia	20	500	3	4	6	16/11/2017	05/04/2018
T45	Buganvilia	12	600	3	3	5	08/11/2017	04/04/2018
T46	Buganvilia	10	200	2	2	3	08/11/2017	11/04/2018

T47	Buganvilia	25	300	3	4	8	01/11/2017	28/03/2018
T48	Buganvilia	10	300	2	3	2	08/11/2017	07/11/2018
T49	Buganvilia	25	800	3.5	8	8	08/11/2017	04/04/2018
T50	Buganvilia	8	300	2	3	4	08/11/2017	04/04/2018
T51	Buganvilia	27	0	3	8	12	08/11/2017	04/04/2018
T52	Buganvilia	11	250	2	4	8	08/11/2017	04/04/2018
T53	Buganvilia	22	500	3	6	8	08/11/2017	03/04/2018
T54	Buganvilia	24	150	2	4	10	07/11/2017	04/04/2018
T55	Buganvilia	12	0	1.5	1	1.5	07/06/2017	02/11/2018
T56	Buganvilia	5	0	3	10	25	07/06/2017	02/11/2018
T57	Buganvilia	1	0	2	1.5	2	07/06/2017	16/05/2018
T58	Buganvilia	1	0	1	2	1.5	07/06/2017	17/05/2018
T59	Buganvilia	1	0	1	1	1	08/11/2017	16/05/2018
T60	Buganvilia	5	0	2	15	20	08/11/2017	16/05/2018
T61	Buganvilia	3	0	2	10	20	07/06/2017	16/05/2018
T62	Buganvilia	2	0	2	10	10	07/06/2017	16/05/2018
T63	Buganvilia	2	0	1.5	5	10	07/06/2017	16/05/2018
T64	Buganvilia	6	0	1.5	5	10	15/11/2017	16/05/2018
T65	Buganvilia	2.45	0	2	10	10	08/11/2017	16/05/2018
T66	Buganvilia	8	0	0.5	0.5	0.5	08/11/2017	16/05/2018
T67	Buganvilia	4	0	0.5	0.5	0.5	08/11/2017	16/05/2018
T68	Buganvilia	1	0	0.5	0.5	0.5	08/11/2017	16/05/2018
T69	Buganvilia	1	0	1	1	1	08/10/2017	16/05/2018
T70	Buganvilia	16	0	2	1	2.5	05/10/2017	15/05/2018
T71	Buganvilia	22	0	1.5	1	2.5	05/10/2017	03/05/2018
T72	Buganvilia	15	0	1.5	1	1.5	05/10/2017	04/05/2018
T73	Buganvilia	7	0	3	5	25	15/12/2017	11/05/2018
T74	Buganvilia	1	0	1	1	1.5	07/06/2017	16/05/2018
T75	Buganvilia	156	0	3	25	30	06/12/2017	16/05/2018
T76	Buganvilia	2	0	0.5	0.5	0.5	05/11/2017	16/05/2018
T77	Buganvilia	100	0	1.5	10	10	15/11/2017	16/05/2018
T78	Buganvilia	7	0	1.5	2	3	07/11/2018	16/05/2018
T79	Buganvilia	2	0	1.5	2	2	08/11/2017	16/05/2018
T80	Buganvilia	8	0	1.5	3	5	08/11/2017	16/05/2018
T81	Buganvilia	1.5	0	0.5	0.5	0.5	07/12/2017	16/05/2018
T82	Buganvilia	4	0	1.5	10	15	08/11/2017	16/05/2018
T83	Buganvilia	23	0	23	15	12	07/12/2017	16/05/2018

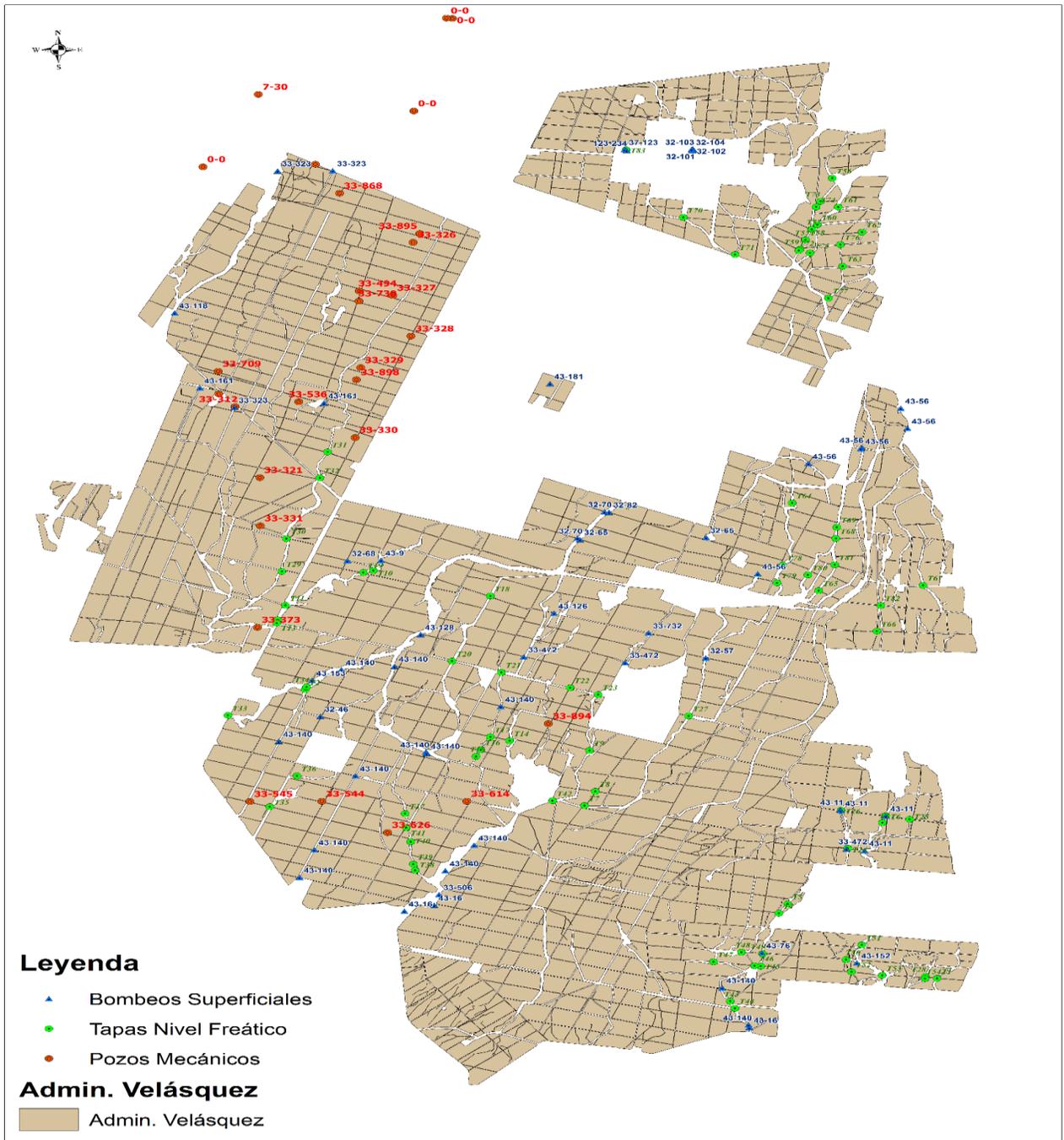
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 47A. Mapa de la administración Velásquez.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 48A. Mapa de la administración Buganvilia.



Fuente: elaboración propia, 2018.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 84/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

“RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE
CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp) A LA
APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO,
FINCA LUCEROS, PUERTO DE SAN JOSÉ,
ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE:

MAURO ALEJANDRO
MORALES GAYTÁN

CARNE:

201400446

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Carlos Orozco
Dr. Aníbal Sacabajá
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Aníbal Sacabajá
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
DOCENTE - ASESOR EPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Bucaro
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm
c.c. Archivo

Ref. SAIEPSA-081.2020

Guatemala, 09 de enero de 2020

TRABAJO DE GRADUACIÓN: RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: MAURO ALEJANDRO MORALES GAYTÁN

No. CARNÉ 201400446

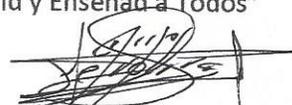
Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”

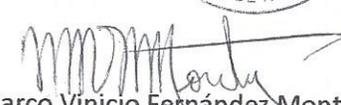
LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Carlos Orozco
Dr. Anibal Sacbajá Galindo
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
Docente – Asesor de EPS




Vo. Bo. Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya
Coordinador Área Integrada – EPS



cc.archivo
SAEG/

No. 01-2020

Trabajo de Graduación:

"RESPUESTA DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO, FINCA LUCEROS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN PUERTO SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

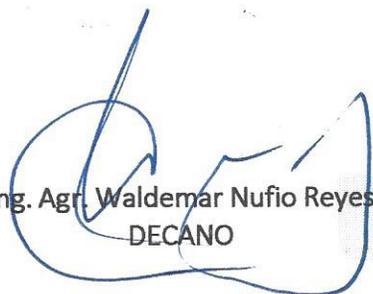
Estudiante:

Mauro Alejandro Morales Gaytán

Carné:

201400446

"IMPRÍMASE"



Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

